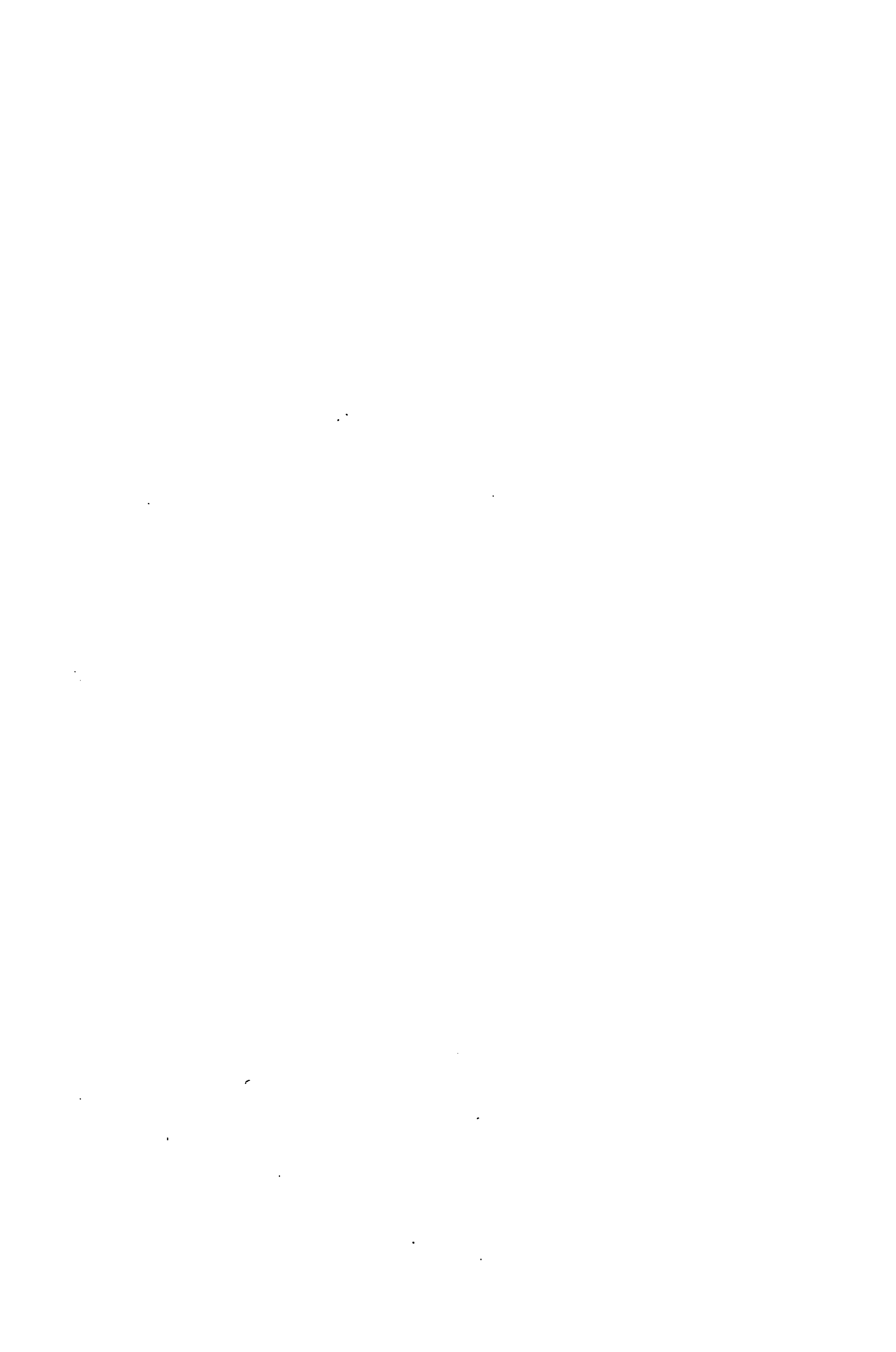








Über die

körperlichen Äußerungen psychischer Zustände.

Weitere experimentelle Beiträge zur Lehre von der Blutzirkulation in der Schädelhöhle des Menschen.

Von

Dr. Hans Berger

Privatdozent der Psychiatrie an der Universität Jena.

Mit 1 Figur im Text und einem Atlas von 18 Tafeln.

Text.



Verlag von Gustav Fischer in Jena.

1904.

Meiner lieben Mutter

gewidmet.



Vorwort.

Die Untersuchungen, die in den folgenden Blättern enthalten sind, betreffen vor allem die physischen Begleiterscheinungen intellektueller Prozesse und der Gefühlsvorgänge an der Gehirnvolumkurve. Frühere von mir angestellte und in dem gleichen Verlage veröffentlichte Untersuchungen hatten eine Reihe von Einzeltatsachen ergeben, jedoch keine allgemeinen Beziehungen zwischen den zentralen Vorgängen und der Blutzirkulation erkennen lassen und ihre Ergebnisse schienen sogar den allgemeinen, über die Beziehungen zwischen dem lokalen Stoffverbrauch und der Gefäßweite bestehenden, Ansichten zu widersprechen. Infolgedessen hatten diese Untersuchungen bei mir selbst ein großes Gefühl des Unbefriedigtseins hinterlassen und den Entschluß veranlaßt, die nächste Gelegenheit zu weiterer Verfolgung des Studiums der Blutzirkulation im Gehirn zu benutzen. Vor fast einem Jahre bot sich mir die Möglichkeit dar, die Gehirnzirkulation beim Menschen einer erneuten Untersuchung zu unterziehen, und zwar in einem äußerst günstigem Falle. Ich ergriff die Gelegenheit um so lieber, da ich schon lange vorher für die Beschaffung der nötigen Apparate Sorge getragen hatte. Während ich bei meinen ersten Untersuchungen mit unendlichen technischen Schwierigkeiten infolge der damals verwendeten mangelhaften Apparate zu kämpfen hatte, standen mir jetzt dank einer Geldbewilligung von seiten der Carl-Zeiß-Stiftung, für die

ich auch an dieser Stelle danken möchte, vorzügliche Apparate zur Verfügung und hatte ich es mit einer Versuchsperson zu tun, die gern und mit Interesse auf alle Untersuchungen einging. Natürlich habe ich auch hier zunächst die' allgemein physiologischen Erscheinungen des Kreislaufes in der Schädelhöhle studiert und dabei nur die früher veröffentlichten Ergebnisse bestätigen können, vor allem habe ich aber die Einwirkung psychischer Prozesse und namentlich der Gefühlsvorgänge auf die Gehirnkurve einer genauen Untersuchung unterworfen. Diesen Teil der Untersuchungen enthalten die folgenden Blätter, die also eine Fortsetzung der früher veröffentlichten Versuche darstellen, jedoch vollständig selbständig sind und nur gelegentlich auf diese zurückgreifen. Die hier veröffentlichten Untersuchungen schließen sich eng an die Untersuchungen Lehmanns in seinem Werk „die körperlichen Äußerungen der psychischen Zustände“ an, was auch der gewählte Titel meiner Arbeit besagen soll. Von dem ursprünglichen Plane, gleichzeitig eine Reihe plethysmographischer Kurven von Affektzuständen bei Geisteskranken zu veröffentlichen, bin ich außer aus anderen Gründen auch deshalb abgekommen, weil die folgenden Untersuchungen, die ein geschlossenes Ganzes bilden, an Einheitlichkeit und Übersichtlichkeit verloren hätten. Ich habe daher nur gelegentlich ganz kurz die plethysmographischen Kurven von Geisteskranken anhangsweise erwähnt, ohne näher auf dieselben einzugehen. Die Bestimmung der Untersuchungen auch für rein medizinische Kreise machten weitere psychologische Ausführungen notwendig, die leider mehr kompilatorischer als kritischer Art sind, und den Fachpsychologen bitte ich daher, dieselben entweder zu überschlagen oder einer milden Beurteilung zu unterziehen. Man möge überhaupt diese Untersuchungen als das ansehen, was sie sind, nämlich als das sehnsüchtige Suchen eines Psychiaters nach einer objektiven Grundlage für eine Reihe sich ihm täglich darbietender Erscheinungen. Das Resultat derselben, der gewonnene allgemeinere Standpunkt, der auch die früheren Ergebnisse unter einem ein-

heitlichen Gesichtspunkte zu erklären scheint, hat mich reichlich für alle Arbeit belohnt und hat mich mit Ehrfurcht für die wunderbar zweckmäßigen Einrichtungen der Natur erfüllt. —

Auch an dieser Stelle möchte ich Herrn cand. med. Lehmann für seine geschickte Unterstützung bei der Ausführung der Versuche und Herrn Matthes für seinen unermüdlichen Eifer bei der Bearbeitung des Materials und der Durchsicht der Korrekturbogen bestens danken.

Neuses, den 16. Oktober 1903.

Der Verfasser.



Inhalt.

Errata.

S. 6 Z. 3 v. o. lies verbundene statt verbundenen.
S. 12 Z. 1 v. u. lies auf die statt auf den.
S. 15 Z. 9 v. o. lies psychischen Seite statt physischen Seite.
S. 16 Z. 1 v. o. lies Lust-Unlusttheorie statt Lust- oder Unlusttheorie.
S. 20 Z. 9 v. o. lies plethysmographischen statt plethymographischen.
S. 81 Z. 13 v. u. lies 2 Atemzüge statt 9 Atemzüge.
S. 95 Z. 11 v. o. lies 7,5 statt 6,5.
S. 98 Z. 10 v. u. lies 28,7 statt 27.
S. 103 Z. 13 v. o. lies 6,2 mm statt 6,0 mm.
S. 103 Z. 15 v. o. lies 10,8 statt 10,7.
S. 116 Z. 4 v. u. lies 20 u. 21 statt 2e u. 21.
S. 137 Z. 1 v. u. lies ⚹ β statt β.
S. 174 Z. 7 v. o. lies stellen statt stellten.
S. 184 Z. 14 v. u. lies Integrität des statt Integrität der
S. 184 Z. 7 v. u. lies vor uns haben statt handelt.

I. Einleitung.

Schon fast 2000 Jahre ehe Harvey seine Entdeckung des Blutkreislaufes der wissenschaftlichen Welt mitteilte, war den Ärzten der Einfluß von Gemütsbewegungen auf den Puls bekannt, wie dies die berühmte Erzählung von Antiochus und Stratonike, welche die diagnostische Kunst des Erasistratus verherrlichen soll, beweist. Pagel teilt in seiner Geschichte der Medizin (Berlin 1898 pag. 90) nach Moehsen die Erzählung folgendermassen mit:

„Antiochus, der Sohn des Seleukus, Königs in Syrien, nachmals auch in Asien und Mazedonien, hatte sich in seine Stiefmutter Stratonike verliebt, die jung und schön war. Er sah das Verwerfliche seiner Leidenschaft sehr wohl ein und gab sich deshalb alle Mühe, sie zu unterdrücken. Da er aber merkte, daß die Heftigkeit der Liebe zu groß war, als daß er sie durch Vernunft besiegen konnte, so verfiel er in eine Auszehrung, die er durch freiwilligen Hunger vermehrte, so daß er vollkommen einem Sterbenden ähnlich wurde und jeder an seinem Aufkommen zweifelte. Sein Vater war äußerst niedergeschlagen, da er nur diesen einzigen Sohn hatte und das ganze königliche Haus wurde mit Wehklagen erfüllt. Erasistratus, ein Enkel des Aristoteles, der Arzt am Hofe des Seleukus und in grossem Ansehen war, hatte ihn in der Behandlung. Er fand, daß keine gegründete Ursache der Krankheit im Körper selbst verborgen liege, sondern

daß ein heimlicher Kummer des Gemüts den Körper abzehrte. Die Verbindlichkeit gegen Seleukus und seine Neigung gegen dessen Familie vermehrte seine Aufmerksamkeit. Bei genauer Untersuchung entdeckte er, daß Antiochus in jemand verliebt sein müsste, er konnte aber die Person nicht ausfindig machen. Deswegen blieb er geraume Zeit bei ihm in seinem Zimmer, beobachtete die Veränderungen des Pulses und gab auf alle Personen Achtung, die bei ihm aus- und eingingen. Es mochte hereinkommen wer nur wollte, so spürte er keine Veränderung; so oft aber die Stratonike ihn besuchte, so fand er in dem Puls eine ganz besondere Unordnung. Das Gesicht wurde rot, die Stimme verging ihm, er bekam abwechselnd Schweiß, und wenn sie wegging, so wurde er blaß und ängstlich." Erasistratus stellte so die wahre Ursache der Erkrankung des Antiochus fest und es gelang ihm, Abhilfe zu schaffen.

Man ersieht daraus, wie die praktische Erfahrung und die Verwertung der objektiven Symptome in diagnostischer und therapeutischer Hinsicht unendlich lange der wissenschaftlichen Erkenntnis in der Medizin vorausgeeilt ist und was die Erfahrung in der Hand tüchtiger Ärzte zu leisten vermochte und noch vermag.

Von dem vor allem als Anatom hervorragenden französischen Arzte Bichat rührt das bekannte Wort her: „Voulez vous savoir, si une douleur est vraie ou fausse, explorez le pouls."

Doch erst viel später hat man zunächst mit Hilfe des Sphygmographen systematisch die Pulsveränderungen bei somatischen und psychischen Erkrankungen studiert. Um indirekt über den Stoffverbrauch im Gehirn, der nach der allgemeinen Annahme bei seiner Steigerung mit einer Vermehrung des Blutzuflusses einhergehen musste, Aufschluß zu erhalten, hat Angelo Mosso seinen Plethysmographen konstruiert. Er nahm an, daß eine Verminderung der Blutmenge und damit des Volumens eines peripheren Organs mit einem entsprechenden vermehrten Zufluß zum Gehirn einhergehe.

In seinen ersten Arbeiten, so in seiner im Jahre 1879 erschienenen Diagnostik des Pulses, teilt er vor allem Pulsveränderungen bei geistiger Arbeit mit, während er auf die uns hier vor allem interessierenden Gemütsbewegungen nicht eingeht. Die zahlreichen und sich widersprechenden Angaben über Pulsveränderungen bei Geisteskranken, die wie bekannt, z. T. sehr ausgeprägte gemütliche Störungen darbieten, erfuhren durch Ziehen eine Nachprüfung in seiner im Jahre 1887 erschienenen Habilitationsschrift über „sphygmographische Untersuchungen an Geisteskranken". Er kommt zu dem uns hier interessierenden Schluß, daß Affekte auf den Puls einwirken. Mit Hilfe des von Mosso konstruierten Sphygmomanometers hat Kiesow (Wundts Philosophische Studien 1895, Bd. XI, S. 41) den Einfluß psychischer Vorgänge auf den Puls studiert und kommt gleichfalls zu dem Resultat, „daß nicht die intellektuelle Tätigkeit und die damit verbundene Spannung der Aufmerksamkeit als solche, sondern nur die gemütliche Erregung die Ursachen der Druckveränderungen abgeben".

In Tierversuchen hatten nach Exner (Erklärung der psychischen Erscheinungen 1894, S. 203) Conty et Charpentier (Recherch. sur les effets cardio-vasculaires des excitations des sens. Arch. de physiol. nom. et pathol. 1877) nachgewiesen, daß der Schreck, der bei einem Hunde durch Schreien eines andern Hundes im Nebenzimmer hervorgerufen wurde, in einer ganz energischen Wirkung auf den Blutdruck und die Herzbewegungen, die durch gleichzeitige Erregung des Nervus vagus und der Vasokonstriktoren ausgelöst wurde, sich äußert. Auch Mosso teilt in seinem Werke über die Furcht, das im Jahr 1889 erschienen ist, Tierversuche über Veränderungen der Herzstoßkurve bei Hunden unter dem Einfluß gemütlicher Erregungen mit. Nach der weiteren Ausbildung der experimentell-psychologischen Methode hatten sich die verschiedensten Forscher einer Untersuchung des Einflusses der psychischen Vorgänge und vor allem auch der Gemütsbebewegungen auf Puls und Atmung unterzogen, eine systema-

tische Bearbeitung erfuhr dieses Gebiet jedoch erst durch A. Lehmann. Derselbe hat zuerst in seinem 1892 in deutscher Übersetzung erschienenen Werk „Die Hauptgesetze des menschlichen Gefühlslebens" respiratorische und plethysmographische Kurven unter dem Einfluß von Gemütsbewegungen mitgeteilt und hat diese Untersuchungen in seinem im Jahre 1899 erschienenen Buche: „Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände" zu einem vorläufigen Abschluß geführt. Die zahlreichen, diesem letzteren Werke beigegebenen Kurventafeln werden einen bleibenden wissenschaftlichen Wert als objektive Versuchsergebnisse behalten, auch wenn man die Erscheinungen, wie dies zum Teil schon geschehen, in anderer Weise deuten sollte.

Alle bisher erwähnten Untersuchungen bezogen sich lediglich auf die Veränderung der Zirkulation im allgemeinen, wie sie unter dem Einfluß von Gemütsbewegungen in Pulsveränderungen oder Veränderungen der Volumens peripherer Organe oder des Blutdrucks zum Ausdruck kommt, während doch schon die alltägliche Erfahrung darauf hinzudeuten scheint, daß die Gemütsbewegungen vor allem auch mit Änderungen des Blutumlaufes im Gehirn einhergehen. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß Erbleichen oder Erröten der Wangen mit einer leichten, meist rasch vorübergehenden Verwirrung des Gedankenlaufs verbunden zu sein pflegt. Daß heftige Gemütsbewegungen und namentlich Schreck vor allem bei psychopathischen Individuen länger dauernde und, wie von mancher Seite behauptet wird, sogar chronische Geistesstörungen hervorzurufen imstande sind, ist eine nicht nur in psychiatrischen Kreisen bekannte Tatsache. Als Grundlage dieser psychischen Störungen müssen wir schwere, durch den Affektvorgang ausgelöste Veränderungen in der Hirnrinde ansehen, als deren nächste Ursache wir bei der Plötzlichkeit ihres Eintritts vor allem an Veränderungen der cerebralen Zirkulation denken müssen. Der französische Irrenarzt Pinel, der in der Schreckenszeit der französischen Revolution den in den Gefängnissen untergebrachten Geisteskranken die Ketten abnahm und

so der Begründer einer humanen Behandlung dieser Kranken wurde, hat auch den Einfluß länger dauernder gemütlicher Erregungen, wie Kummer und Sorge, auf die Entstehung geistiger Störungen zu würdigen gewußt und soll bei jedem Kranken, der ihm zugeführt wurde, nach derartigen emotionellen Ursachen geforscht haben. Sogar plötzlichen Tod kann eine heftige Gemütserschütterung hervorrufen, und obwohl, seitdem Domrich in seinem Werke: „Die psychischen Zustände, ihre organische Vermittelung und ihre Wirkung in Erzeugung körperlicher Krankheiten", Jena 1849, S. 273, die Worte schrieb: „Es ist bisher nicht gelungen, die durch den heftigen Stoß des Schreckens zersprungenen Saiten des Hirns in der Leiche aufzuweisen", die histologische Untersuchung des Nervensystems einen ungeahnten Aufschwung genommen hat, sind wir auch heute noch nicht imstande, die zersprungenen Saiten aufzuweisen und müssen funktionelle Veränderungen der Herz- und Gefäßzentren annehmen. Aus alledem geht jedenfalls hervor, daß sowohl die alltägliche Erfahrung als auch die medizinische Beobachtung darauf hindeutet, daß Gemütsbewegungen nicht nur mit allgemeinen Zirkulationsveränderungen, sondern vor allem auch mit Veränderungen des cerebralen Kreislaufes einhergehen.

Die von Meynert aufgestellte Theorie der Gefühle hat diese Erfahrungstatsachen wissenschaftlich zu verwerten gesucht. Funktionelle Hyperämie und dadurch bedingte veränderte Ernährung der Hirnrindenzellen ruft ein Glücksgefühl, durch Kontraktion der Gefäßmuskulatur bedingte kortikale Anämie löst eine Unterernährung der kortikalen Zellen, die mit einer traurigen Verstimmung einhergeht, aus. Die Innervation der kortikalen Gefäße beherrscht nach dieser Theorie unser ganzes Gefühlsleben. Külpe versucht in seinem Grundriß der Psychologie (Leipzig 1893 § 37) Änderungen der Erregbarkeitsverhältnisse im Gehirn als eine der Folgeerscheinungen der Erweiterung oder Verengerung der Blutgefäße aufzufassen. Er schreibt: „Endlich weisen auch die Beobachtungen über die von exzessiver Lust beherrschten

Maniakalischen und über die von beständiger Unlust erfüllten Melancholischen darauf hin, daß die mit einer Erweiterung der das Gehirn versorgenden Blutgefäße verbundenen Erregbarkeitssteigerung das einheitliche physiologische Äquivalent der Lustzustände, die mit einer Verengerung der zentralen Blutgefäße verknüpfte dauernde Erregbarkeitsverminderung das einheitliche physiologische Äquivalent der Unlustzustände ist. Danach haben wir uns zu denken, daß die beobachtete Steigerung der Herz- und Atmungstätigkeit, sowie der willkürlichen Bewegungen eine einfache Folge jener Erregbarkeitserhöhung bei Lustzuständen, die entsprechende Veränderung jener motorischen Erscheinungen die direkte Folge der bei Unlustzuständen stattfindenden Erregbarkeitsherabsetzung ist.“ Also auch nach Külpe spielen die Änderungen der zerebralen Zirkulation allerdings als Folgeerscheinung der Gefühlsvorgänge eine hervorragende Rolle. In seinen „Hauptgesetzen des menschlichen Gefühlslebens“ hebt Lehmann p. 128f. die Bedeutung des Blutzuflusses zum Gehirn für die gesamte Hirntätigkeit hervor: „Ein stärkerer Blutzufluß oder eine schnellere Zirkulation und ein hieraus resultierender geschwinderer Stoffwechsel im Gehirn führt also annehmlich eine Vermehrung der Vorstellungsproduktion mit sich, ein langsamerer Stoffwechsel dagegen wird die Vorstellungstätigkeit bis zu vollständiger Bewußtlosigkeit hemmen. Die Wahrscheinlichkeit ist also nicht gering, daß auch die hier besprochenen Erscheinungen (der Einfluß der Gefühle auf den Vorstellungsverlauf) als eine Folge der vasomotorischen Innervationsänderungen aufzufassen sind.“ Und weiter schreibt er: „es scheint das Resultat werden zu müssen, daß es bei normalen Affekten die vasomotorischen Veränderungen im Gehirn sind, welche die Ursache der Störungen des Vorstellungslaufes bilden.“ Seine Ausführungen faßt er in dem Satze 174 auf Seite 132 dahin zusammen:

„Es ist anzunehmen, daß diejenigen Störungen des normalen Vorstellungslaufes, welche die normalen Gemütsbewegungen begleiten, hauptsächlich aus Innervationsänderungen der Blutgefäße

des Gehirns entstehen, durch welche die zentrale Nerventätigkeit erhöht oder gehemmt wird. Diese Störungen sind also nicht als direkte psychische Wirkungen des primären Gefühls und noch weniger als ursprüngliche Ursache der übrigen Phänomene der Gemütsbewegungen zu betrachten.“ Aus diesen Ausführungen Lehmanns geht zur Genüge hervor, welche Bedeutung er der zerebralen Zirkulation und den von so vielen angezweifelten Gefäßnerven der Gehirngefäße beilegt. In ähnlicher Weise spricht er sich in seiner 1899 erschienenen Arbeit: „Die körperlichen Äußerungen etc.“ p. 200 aus, wo er bei der Erläuterung der von ihm beobachteten peripheren Veränderungen schreibt: „Wie jedes andere Organ fordert auch das Gehirn während seiner Arbeit wahrscheinlich größeren Blutzufluß, als wenn es ruht, und es wird deshalb wahrscheinlich, daß die beobachteten organischen Veränderungen zur Regulierung des Zuflusses dienen.“ Auch hier wird der zerebralen Zirkulation für das Zustandekommen der beobachteten Erscheinungen eine hervorragende Rolle eingeräumt. Also auch die psychologische Analyse und die experimentelle Untersuchung der allgemeinen mit den Gemütsbewewegungen einhergehenden peripheren Erscheinung deuten auf Änderungen der zerebralen Zirkulation hin und geben somit eine Stütze für die alltägliche Erfahrung und die medizinische Beobachtung ab. Ähnliche Anschauungen wie die hier von Lehmann angeführten hatten, wie oben schon erwähnt, Mosso zur Konstruktion seines Plethysmographen geführt. Die Ansicht aber, daß ein reziprokes Verhältnis zwischen der Blutmenge der peripheren Organe, z. B. des Arms, und derjenigen des Gehirns bestehe, hatte er, als er systematisch die Zirkulationsverhältnisse des Gehirns untersucht hatte, korrigieren müssen. Es tritt sehr oft eine Abnahme des Armvolumens auf, ohne daß eine entsprechende Zunahme des Gehirnvolumens dieser nachfolgte, wie es, wenn das Gehirn lediglich passiv den allgemeinen Blutdruckänderungen, wie Hill (The cerebral Circulation, London 1896) es annimmt, folgte, der Fall sein müßte. Im Gegenteil sah

Mosso oft allgemeine, das gesamte Gefäßsystem betreffende Veränderungen an den Gehirngefäßen früher auftreten als an den Gefäßen der peripheren Organe, was er nur dadurch zu erklären vermochte, daß die Gehirngefäße selbständige Nervenzentren besitzen (Temp. d. Gehirns, S. 152 u. 168!)

Mosso hat aber als erster auch den Blutumlauf im Gehirn unter dem Einfluß von Gemütsbewegungen experimentell untersucht, während es sich in den bisher erwähnten Arbeiten lediglich um hypothetische Annahmen, die aus den objektiven Symptomen deduziert waren, handelt. In seinem größeren, im Jahre 1881 erschienenen Werke „über den Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn" berichtet er S. 72 ff. über das Verhalten des Blutkreislaufes bei Gemütseindrücken. Er hebt die starke Einwirkung derselben auf den Hirnkreislauf hervor: „Die Erregungen des Gemüts wirken auf den Blutkreislauf im Gehirn bei weitem augenfälliger, als es die intellektuelle Tätigkeit, mag dieselbe noch so energisch sein, zu tun pflegt." Mosso teilt eine sehr schöne Kurve von Bertino mit und berichtet über ähnliche Beobachtungen an seiner anderen Versuchsperson Katharina X, ohne jedoch auf Details einzugehen. Auch in seiner mehr populär gehaltenen Schrift über die Furcht, die aus dem Jahre 1889 stammt, berichtet Mosso über Versuche, die er beim normalen Individuum über Vorgänge im Schlaf und bei Gemütsbewegungen angestellt hat. Er brachte ein Individuum auf eine genau horizontal äquilibrierte Wage, jede Gemütsbewegung, jeder Sinneseindruck auch im Schlaf hatten ein Senken des Kopfendes durch den vermehrten Blutzufluß zum Gehirn zur Folge. Übrigens geht aus dem Text nicht klar hervor, ob es sich wirklich um Gemütsbewegungen im psychologischen Sinne in den vorliegenden Experimenten handelt. In dem Werke über „die Temperatur des Gehirnes", Leipzig 1894, teilt Mosso p. 147 ff. auch eine Beobachtung an den mit einem Schädeldefekt versehenen Luigi mit, der gleichfalls die Einwirkung von Gemütserregungen auf den Hirnkreislauf zeigt. Eine systematische Unter-

suchung der mit den einzelnen Gefühlen verbundenen Veränderungen der Zirkulation im Schädel findet sich jedoch bei Mosso nicht, obwohl er dem Kreislauf im Gehirn eine hervorragende Rolle für das Zustandekommen der psychischen Erscheinungen zuweist und glaubt, daß die unter dem Einfluß von Gemütserregungen auftauchenden längst vergessen geglaubten Erinnerungsbilder durch Erweiterung oder Verengerung der Gefäße bestimmter Gehirnbezirke und dadurch veränderter Ernährungsbedingungen hervorgerufen seien (Furcht, p. 27). Von älteren Beobachtungen sind von Wundärzten bei Schädelwunden gelegentlich gemachte Befunde zu erwähnen. So teilt Braun im Archiv f. klin. Chirurgie 1877, Bd. XXI., S. 352 mit, daß der berühmte englische Wundarzt Astley Cooper sah, wie die Hirnpulsationen bei gemütlichen Erregungen bei Leuten mit Schädelwunden zunahmen. Die Arbeiten, welche im Anschluß an Mossos Untersuchungen über den Hirnkreislauf enthalten, bringen auch über Gemütsbewegungen und ihrem Einfluß auf die cerebrale Zirkulation nur allgemeine Angaben, so Mays „Über die Bewegungen des menschlichen Gehirns“, Virchows Archiv 1882, Bd. LXXXVIII, S. 125 und Binet et Sollier „Recherches sur le pouls cérébal dans ses rapports avec les attitudes du corps, la respiration et les actes psychiques“, Archiv de Physiol, 1895, p. 719. In seiner im Journal für Psychologie und Neurologie Bd. I, p. 1 erschienenen Arbeit: „Plethysmographische Studien am Menschen“ berichtet Brodmann über Untersuchungen der Zirkulation im Gehirn und teilt p. 51 ff. einzelne durch Affekte bedingte Zirkulationsveränderungen mit, während die Mitteilung seiner weiteren Untersuchungen leider noch aussteht. Wir ersehen aus alledem, daß die Arbeiten derjenigen Forscher, die sich experimentell mit den Zirkulationsverhältnissen des Gehirns beschäftigt haben, die theoretisch erschlossenen, nahen Beziehungen der Füllung der zerebralen Gefäße zu den Gemütsbewegungen zu bestätigen scheinen, obwohl systematische Untersuchungen unter Berücksichtigung der notwendigen von physiologischer und psycho-

logischer Seite zu fordernden Kautelen bisher nicht vorliegen. In seiner physiologischen Psychologie, die 1902 in V. Auflage erschienen ist, führt Wundt Bd. II, p. 360 ff. aus, daß die den Gefühlsvorgängen parallel gehenden physischen Erscheinungen nicht an tiefere Hirngebiete, sondern an das Großhirn gebunden sein müßten. Er schreibt: „Es steht aber jedenfalls fest, daß zur Auslösung solcher Gefühle, wie wir sie bei unseren Versuchspersonen beobachten, zentrale Vorgänge in den Sinnes- und Apperzeptionszentren gehören, von denen die Gefühle selbst, da sie nur Bestandteile der ganzen Vorgänge bilden, gar nicht losgelöst werden können. Demnach werden wir auch jene physischen Symptome nicht in die nächsten respiratorischen und vasomotorischen Zentren der Medulla verlegen dürfen, sondern sie werden mutmaßlich aus den Innervationen entspringen, die diesen nächsten Zentren von höher gelegenen aus zugeführt werden. Nun sind die Gefühle, von ihrer psychologischen Seite betrachtet, in dem doppelten früher erörterten Sinne einheitliche Zustände, daß sie erstens eine einzige zusammenhängende Mannigfaltigkeit bilden und daß sie sich zweitens jeweils zu einem das Bewußtsein bestimmenden Totalgefühle verbinden. Danach sind wir aber auch berechtigt, für jene den Gefühlen entsprechenden physischen Begleiterscheinungen ein einheitliches Substrat zu vermuten. Das würde dahin führen, in den Ausdrucksbewegungen überhaupt Reflexe des Apperzeptionszentrums zu sehen. Reflexe sind sie insofern, als zwar die Bedingungen, unter denen die Gefühle entstehen, außerhalb des Mechanismus reflektierender Erregungen liegen, die Ausdruckbewegungen jedoch, wie dies vor allem die respiratorischen und vasomotorischen Symptome zeigen, durchaus unwillkürliche und ohne unmittelbares Bewußtsein vor sich gehende Begleiterscheinungen der psychischen Zustände sind. Den Reflexbahnen, die von diesem allgemeinen Gefühlszentrum ausgehen, werden wir dann, außer ihren mannigfaltigen sonstigen Verbindungen mit der Körpermuskulatur, insbesondere auch solche mit den Innervationszentren des verlängerten Markes für Atmung

und Blutbewegung anweisen müssen." In Bd. III, S. 238 sagt Wundt: „Die physiologischen Begleiterscheinungen der Affekte sind, wie die Ausdruckssymptome der Gefühle, auf die erregenden und hemmenden Innervationen zurückzuführen, die von dem Zentralgebiet aus, das wir als physiologisches Substrat der Apperzeptionsvorgänge postulieren müssen, den vasomotorischen, den respiratorischen und den bei den mimischen und pantomimischen Affektäußerungen beteiligten Zentren zugeführt werden. In diesem komplexeren Sinne können wir daher auch die Affekte als ‚Reflexe des Apperzeptionszentrums' betrachten."

Als Apperzeptionszentrum faßt Wundt (Physiol. Psych. Bd. I, S. 321 ff.) den Stirnlappen auf, dem er in Übereinstimmung mit Hitzig, Flechsig, Ferrier und anderen eine höhere Funktion als den anderen Rindengebieten vindiziert. Wir hätten also nach dieser Theorie Wundts bei den Gefühls- und Affektvorgängen physische Vorgänge in der Hirnrinde und vor allem in der Rinde des Stirnhirns zu erwarten.

Experimentell bekannt sind die nahen Beziehungen, die das Stirnhirn zu den Respirationsvorgängen besitzt, da, wie Spencer mitgeteilt, Reizversuche im Stirnhirn Respirationsveränderungen auszulösen vermögen; wir hätten also im Stirnhirn selbst eine Art kortikalen Respirationszentrums. Schon seit alters sind die nahen Beziehungen der Atmung zu den psychischen Vorgängen bekannt und schon Bell hat nach Dumont (Vergnügen und Schmerz, 1876) in seiner im Jahre 1806 erschienenen Anatomie und Physiologie des Ausdrucks auf diese hingewiesen. Neuerdings hat Mosso wieder darauf aufmerksam gemacht, indem er hervorhebt, daß die kleinste Gemütsbewegung die Atmung beeinflusse (Die Furcht, 1889), und vor allem haben Meumann und Zoneff den Alterationen der Atmung unter psychischen Einflüssen eine größere Aufmerksamkeit zugewandt und dieselben als das empfindlichste Reagens für alle Veränderungen des Gefühlslebens bezeichnet (Wundts Philosoph. Studien 1901, Bd. XVIII, S. 1). Gemütsbewegungen gehen also vor

allem mit Alterationen der Respiration einher und wie experimentell erwiesen, hat das Stirnhirn nahe Beziehungen zur Respiration, so daß diese Tatsache eine weitere Stütze für die Wundtsche lokalisierte Gefühlstheorie abgeben könnte. Wir kennen auch Hirnrindengebiete, von welchen die Herzschläge ihrer Frequenz nach in der einen oder anderen Richtung verändert werden können, es ist dies die sogenannte motorische Zone der Großhirnrinde (Tigerstedt, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen, 1902, Bd .I, S. 201). Von diesem Rindengebiet ist ferner bekannt, daß es einen deutlichen Einfluß auf die Blutgefäße auszuüben imstande ist (ebenda S. 247). Die motorische Zone, die die Innervation der willkürlichen Bewegungen beherrscht und die sich unmittelbar an das Stirnhirn, das Wundtsche Apperzeptions- und somit Gefühlszentrum, anschließt, besitzt also sehr nahe, aus dem Tierexperiment bekannte Beziehungen zur Herzbewegung und den Gefäßzentren, während vom Stirnhirn selbst aus sehr leicht respiratorische Veränderungen ausgelöst werden können. Diese experimentellen Ergebnisse sprechen auch, wenn man nicht mit Wundt eine so scharfe Lokalisation der den Gefühlen entsprechenden physischen Vorgängen in das Stirnhirn und seiner Nachbargebiete annehmen will, aber ganz entschieden ebenso wie die psychologischen Gründe zugunsten einer kortikalen Lokalisation der physischen Begleiterscheinungen der Gefühlsvorgänge. In der Hirnrinde müssen sich die materiellen Vorgänge abspielen, die nach dem heuristisch so wertvollen Parallelprinzip den Gefühlsvorgängen physisch entsprechen. Auch die klinische Erfahrung spricht, wie Ziehen dies hervorhebt (Physiol. Psych., 5. Aufl., S. 131) zugunsten einer kortikalen Lokalisation der Gefühlsvorgänge, indem „der Paralytiker, dessen Hirnrinde einer progressiven Zerstörung anheimfällt, nach und nach alle positiven und negativen Gefühlstöne einbüßt". Man könnte aus klinischer Beobachtung noch weitere Gründe für die Lokalisation der Gefühlsvorgänge in der Hirnrinde anführen, es mag aber hier dieser Hinweis auf den Dementia paralytica genügen. Jede starke Inanspruch-

nahme eines Organs des Körpers ruft einen stärkeren Blutzufluß zu demselben hervor, wie wir dies von dem arbeitenden Muskel wissen. Ein so sehr des Blutes bedürftiges Organ — einfache Kompression der beiderseitigen Karotiden genügt, um Bewußtlosigkeit herbeizuführen — wie es das Gehirn ist, bedarf zu seiner Funktion eines um so mehr gesteigerten Blutzuflusses. Es ist also auch nach der Wundtschen Theorie der Gefühlsvorgänge eine Alteration der Blutversorgung der Hirnrinde unter dem Einfluß der Gefühlsvorgänge zu erwarten. Vielleicht konnten sogar die bei verschieden lokalisierten Defekten des Schädeldaches beobachteten Zirkulationsvorgänge unter dem Einfluß von Gemütsbewegungen eine genauere Lokalisation der physischen Parallelvorgänge gestatten. Jedenfalls sind die von Mosso bei Bertino, der einen Defekt über dem Stirnhirn darbot, beobachteten Ausschläge unter dem Einflusse von psychischen Vorgängen überhaupt ungleich viel ausgiebiger, als er sie bei Luigi mit einem Defekt in der Scheitelgegend beobachtete. Jeder, der aber die enorme Verschiedenheit der menschlichen Individuen, auf gemütliche Eindrücke zu reagieren, kennt, wird mit den hier angedeuteten Schlüssen vorsichtig sein und sie nur dann für bindend halten, wenn es gelingt, bei einem Individuum mit mehreren Defekten oder einem langen schlitzförmigen Defekt, wie einen solchen Burckhardt (Über Gehirnbewegungen. Eine Experimentalstudie, Bern 1881) zu untersuchen die Gelegenheit hatte, für verschiedene Hirngebiete unter demselben Reiz verschiedene Blutfülle nachzuweisen. Übrigens scheinen lebhafte Vorgänge in den Zellen des Großhirns nicht unbedingt mit einem stärkeren Blutzufluß verbunden sein zu müssen; Mosso hat (Temp. d. Gehirns 1894) nachgewiesen, daß Sensationen, Konvulsionen etc. ohne nennenswerte Wärmeentwicklung im Gehirn einhergehen können und daß auch psychische Prozessen beim Menschen sich ohne entsprechende Temperaturerhöhung über 0,001° abspielen können.

Andererseits treten im Gehirn Temperatursteigerungen auf ohne Zusammenhang mit seiner psychischen Tätigkeit, die Mosso

als organische Konflagrationen bezeichnet und als jene Erscheinungen thermischer Aktivität definirt, die im Gehirn beobachtet werden können und nicht den Perioden der motorischen und psychischen Aktivität entsprechen. Auch ich habe in meinen früheren Untersuchungen über die Blutzirkulation im Gehirn (Jena 1901) nachgewiesen, daß dem durch Einwirkung toxischer Substanzen, z. B. Kokain, hervorgerufenen gesteigerten Umsatz chemischer Spannkraft keineswegs eine entsprechend gesteigerte Blutzufuhr parallel geht. Diese Untersuchungen mahnen ebenso wie die Befunde Mossos bei seinen Temperaturmessungen zur Vorsicht mit der üblichen a priori gemachten Annahme, daß einem gesteigerten zentralen Umsatz auch eine gesteigerte Blutzufuhr parallel gehen müsse. Bei den uns hier interessierenden Gemütsbewegungen liegen aber die Verhältnisse günstiger, als es sich nicht um Einwirkung toxischer Substanzen, sondern um normale Vorgänge handelt, bei denen die verschiedensten objektiven Erscheinungen auf Alterationen der zerebralen Zirkulation hindeuten.

Jedenfalls läßt der kurze Überblick, der hier gegeben wurde, einen Versuch, die Zirkulationsverhältnisse im Schädel unter dem Einfluß von Gemütsbewegungen zu untersuchen, gerechtfertigt erscheinen, und Lehmann, dessen Verdienste um die Gefühlslehre auch seine Gegner offen anerkennen, schreibt die anspornenden Worte (Die körperlichen Äußerungen, Bd. I, p. 200 unten): „Wäre es möglich, auf irgend eine Weise darüber ins reine zu kommen, welche Veränderungen des Blutumlaufs, namentlich des Blutzuflusses nach dem Gehirn, während der verschiedenen psychischen Tätigkeiten stattfinden, so wäre hiermit der erste Schritt getan, um eine Psychodynamik zu beschaffen, deren theoretische Konsequenzen für den Augenblick ganz unabsehbar sind. Wirkliche Einsicht in diese Verhältnisse nebst den hier nachgewiesenen Tatsachen, daß der Bewußtseinszustand, nicht aber der äußere Reiz die körperlichen Reaktionen bestimmt, würde zu einem weit eingehenderen Verständnis des Verhältnisses zwischen dem Psy-

chischen und dem Körperlichen führen, als alle Messungen der Psychophysik uns bisher zu geben vermocht haben."

Den Versuch der Lösung dieser von Lehmann vorgezeichneten Aufgaben wollen wir in den folgenden Blättern machen, d. h. wir wollen zunächst nur die Untersuchung der physischen Begleiterscheinungen der Gefühle etc. auf die Zirkulationsvorgänge im Gehirn ausdehnen und zu der von Wundt zur Erkenntnis der tieferen Beziehungen, die hier zwischen der physischen Seite der Erscheinungen und ihrer physischen Außenseite obwalten, als erforderlich bezeichneten physiologischen Erforschung der zentralen Funktionsbedingungen beitragen (Wundt, Phys. Psych., Bd. II, p. 362).

Vielleicht könnte ein Anhänger der sensualistischen Gefühlstheorie von diesen Untersuchungen eine neue Stütze für seine Lehre erwarten, da als Hauptargument gegen diese Theorie angeführt wird, daß die physischen Begleiterscheinungen der Gefühle an den peripheren Organen meßbar später nachweisbar sind, als die Gefühle im Bewußtsein des Individuums auftauchen. Mosso hat gezeigt, daß die Gehirngefäße nicht allein passiv dem allgemeinen Blutdruck folgen, sondern sich auch aktiv zu verändern imstande sind und somit eigene Gefäßnerven besitzen müssen. Wie Untersuchungen ergeben haben, treten Veränderungen, die das gesamte Gefäßsystem betreffen, an den Gehirngefäßen oft meßbar früher ein, als an den Gefäßen peripherer Organe. Die früher auftretenden Alterationen der zentralen Gefäße könnten im sensualistischen Sinne die Grundlage der Gefühlsvorgänge abgeben und so dem Haupteinwand der zeitlichen Inkongruenz der psychischen und physischen Erscheinungen begegnen. Wir wollen hier diese Fragestellung nur andeuten, da die Untersuchungen auf sie hinzuweisen scheinen und am Schlusse unser Untersuchung darauf nochmals eingehen. Wir wollen in den folgenden Untersuchungen uns überhaupt nicht mit der Berechtigung der einen oder anderen Gefühlstheorie beschäftigen,

wir wollen nicht entscheiden, ob die alte Lust- oder Unlusttheorie oder die Dreiteilung der Gefühlsrichtungen nach Wundt oder Lipps besser den psychologischen Tatsachen entspricht, wir wollem die objektiven physischen Begleiterscheinungen der Gefühlsvorgänge, soweit sie die Zirkulation in der Schädelhöhle betreffen, feststellen. Unabhängig von allen Theorien werden diese objektiven Befunde ihren Wert behalten, auch wenn sie vielleicht später andere Auslegungen erfahren werden, als ich sie in den folgenden Blättern zu geben versucht habe. Ich habe deshalb dieser kleinen Schrift eine so große Menge von Tafeln angefügt, da dieselben als objektive Versuchsprotokolle einen bleibenden Wert besitzen und eine Ergänzung und Erweiterung der Lehmannschen Tafeln bilden.

II. Untersuchungsmethoden.

Zur Untersuchung der Gefühlsvorgänge stehen uns nach Külpe (Grundriß der Psychologie, § 35) zwei Methoden zur Verfügung, erstens die Reihenmethode und zweitens die Ausdrucksmethode. Für unsere Untersuchungen kommt nur die erstere Methode in Frage und diese kann wieder in zwei Verfahrungsweisen zur Anwendung kommen, indem man entweder äußere Reize verwendet oder die Versuchsperson zur Reproduktion gewisser Empfindungen und Vorstellungen, die mit Lust oder Unlust verbunden sind, veranlaßt. In den folgenden Untersuchungen haben wir uns nur der Ausdrucksmethode mit der Anwendung äußerer Reize bedient, während Lehmann bei seinen Untersuchungen auch die zweite Modifikation dieser Methode verwendet. Ich hatte es auch mit einem psychologisch vollständig ungeschulten Individuum zu tun, von dem die Reproduktion der nötigen Empfindungen nicht zu verlangen war, während Lehmann mit einem vorgebildeten Versuchspersonal arbeiten konnte. Külpe hebt drei Nachteile der Ausdrucksmethode hervor:

1. Die Notwendigkeit des Ausgehens von einem normalen Verhalten.
2. Die Abhängigkeit der beobachteten Veränderungen nicht nur von der Gemütslage, sondern auch von anderen Umständen und
3. Die Einschränkung auf qualitative Resultate.

Was für unsere speziellen Untersuchungen diese drei Nachteile anbetrifft, so kommt die Einschränkung auf nur qualitative Resultate nicht in Betracht, da wir überhaupt bei diesen Untersuchungen zunächst mit quantitativen Angaben nichts anzufangen wußten. Viel verhängnisvoller sind die beiden anderen Schwierigkeiten, auf deren genaue Besprechung wir bei Schilderung des Normalzustandes (S. 66) eingehen müssen. In seiner physiologischen Psychologie, Bd. II, S. 263ff. geht Wundt auch ausführlich auf die Methode der Gefühlsanalyse ein, die er in Eindrucksmethode und Ausdrucksmethode sondert. Während die Eindrucksmethode auf der subjektiven Analyse der durch die äußeren Reize hervorgerufenen Gefühlsvorgänge beruht, hat die Ausdrucksmethode die Aufgabe, „alle physischen Symptome, durch die sich Gefühle und aus Gefühlen zusammengesetzte Gemütsbewegungen nach außen kundgeben", zu untersuchen. „Das Gebiet der Ausdrucksmethode unserer Anwendung auf die Gefühlselemente des Bewußtseins bleibt auf diejenigen physiologischen Symptome eingeschränkt, die zumeist nicht unmittelbar äußerlich sichtbare, dafür aber um so konstantere Erscheinungen sind. Es sind das diejenigen Ausdruckssymptome, die in Veränderung der

Innervation der Atmung,
„ des Herzens und
„ der Blutgefäße

bestehen." Wir hätten also auf diese drei Punkte bei den Untersuchungen unser Augenmerk zu richten. Die Atmung untersuchen wir durch die Anwendung eines Pneumographen, für die Untersuchung von Herz und Blutgefäßen können wir entweder uns des Sphygmographen oder des Plethysmographen oder beider Instrumente gleichzeitig bedienen. Wenn wir den Apparat nicht allzusehr komplizieren wollen, besonders da wir auch die Zirkulation im Schädel durch Anwendung eines weiteren Apparates untersuchen müssen, so werden wir uns für einen dieser beiden Apparate entscheiden müssen und stützen uns dabei auf die Autorität Wundts, der es aber unter allen Umständen als nützlich

bezeichnet, von diesen Selbstregistrierungen von Atmung, Arterien- und Volumpuls wenigstens zwei, z. B. Pneumo- und Plethysmograph, Pneumo- und Sphygmograph gleichzeitig anzuwenden. Ich habe mich im Anschluß an Lehmann für den Plethysmograph entschieden, da ich mit diesem Instrument schon früher Untersuchungen bei meinen Studien über die Einwirkung von Arzneimitteln auf die zerebrale Zirkulation angestellt hatte und somit die Fehlerquellen des Instruments sehr wohl kannte. Von den neueren Untersuchern hat sich Brahn (Philosoph. Studien 1901, Bd. XVIII, S. 144) wegen der schweren Deutbarkeit der plethysmographischen Kurve „für die ausdrucksvollere und reichere sphygmographische Kurve", Gent (ebd. S. 717) dagegen für die Volumkurve „als die ausdrucksvollere, weil sie die angeführten Veränderungen in vergrößertem Maßstabe wiedergibt", entschieden. Lehmann weist auch darauf hin, daß „unter allen Kurven das Sphygmogramm, das nur die Geschwindigkeit des Herzschlags zeigt, sicherlich eine der am wenigsten ausdrucksvollen ist". Er verweist zur Bestätigung dieser Behauptung auf seine eigenen Tafeln, die selbst bei den größten und bedeutendsten Variationen des Plethysmogrammes nur geringe Veränderungen an den gleichzeitig aufgenommenen Sphymogrammen erkennen lassen. (Lehmann, Die körperl. Äuß. etc., S. 188.) Auf Grund meiner eigenen, allerdings nur rein physiologischen früheren Untersuchungen muß ich dieser Angabe Lehmanns voll beistimmen. In einer größeren Arbeit (Zur Kritik der Verwendbarkeit der plethysmographischen Kurve für psychologische Fragen, Zeitschrift f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, 1902, Bd. XXX, S. 340) weist Robert Müller neuerdings auf die mit der Verwendung des Plethysmographen verbundenen Fehlerquellen hin. Obwohl es dankbar anerkannt werden muß, daß er die einseitig psychologisch geschulten Untersucher auf die Schwierigkeit der Deutung der rein physiologischen Erscheinungen der plethysmographischen Kurve und der Vorgänge am Zirkulationsapparat überhaupt hingewiesen und die bekannten Wellen II. und III. Ordnung als rein physiologische — von psy-

chischen Prozessen unabhängige — Erscheinungen von neuem hervorgehoben hat, so glaube ich doch andererseits seiner Kritik des Plethysmographen nicht ganz beistimmen zu können, da es sich 1. bei den psychologischen Untersuchungen nur um die Feststellung qualitativer Verhältnisse handelt; 2. immer nur Vergleiche direkt aneinander anschließender Kurvenstücke und bei derselben Versuchsperson in Frage kommen und 3. die Verwechslung der von physiologischen Vorgängen herrührenden Veränderungen der plethymographischen Kurve, namentlich der Wellen II. und III. Ordnung mit den Reaktionen auf Reize bei einiger Kenntnis der Blutdruckkurve überhaupt sich vermeiden lässt.

In den vorliegenden Untersuchungen habe ich mich des Plethysmographen bedient. Wir erhalten mit diesem Instrument Volumpulse der betreffenden in dem Apparat eingeschlossenen Extremität. Die Volumkurve bietet bestimmte Abweichungen von der sphygmographischen Kurve dar, die uns bei unseren rein qualitativen Feststellungen zunächst nicht interessieren. Jedenfalls gewährt aber das Plethysmogramm Aufschluß über die Pulsgröße und gestattet sogar eine Feststellung derselben in absolutem Maße (von Frey, Die Untersuchung des Pulses, Berlin 1892, S. 60 und Fick, Medizinische Physik 1885, S. 130), wenn der Apparat geaicht ist und ich hatte deshalb auch beschlossen, Piston-recorder für die Volumschreibung von Arm und Gehirn zu verwenden, was leider vereitelt wurde. Endlich mußte, und das war die Hauptaufgabe bei diesen Untersuchungen, die Gehirnzirkulation registriert werden. Ich habe dies nach der von Mosso (Über den Kreislauf d. Blutes etc., S. 42) zuerst angegebenen Methode der Volumschreibung des Gehirns bei der mit einem Schädeldefekt versehenen Versuchsperson getan. Die Einzelheiten müssen später ihre Erörterung finden. Wir hatten uns somit für die Anwendung des Pneumographen, des Plethysmographen und der Volumschreibung des Gehirns bei unserer Versuchsperson entschieden und wir glauben damit allen wissenschaftlichen Anforderungen Genüge geleistet zu haben, da es sich, wie Gent treffend sagt, zunächst

doch nur um die Feststellung der gröbsten Züge der Wirklichkeit handelt. In Anlehnung an Wundt (Bd. II, S. 272) haben wir einen Versuch nur dann als gelungen betrachtet, wenn erstens die Versuchsperson angab, die geforderten Gefühle gehabt zu haben und zweitens die Arm- und Respirationskurve die von anderen Forschern festgestellten charakteristischen Veränderungen darbot. Nur eine Kongruenz der subjektiven und objektiven Erscheinungen wurde als Merkmal für einen gelungenen Versuch angesehen.

III. Die Lehre von den Gefühlen.

Das Gefühl ist, wie Nahlowsky in so poetischer Weise in der Einleitung zu seinem Werke sagt, die innerste Heimat der Seele und das Gefühlsleben des einzelnen bildet so recht eigentlich seine ganz besondere individuell gestaltete Innenwelt. Auf keinem Gebiet der Psychologie herrscht, wie dies von den verschiedensten Seiten, namentlich auch von Wundt und Lipps hervorgehoben wurde, eine solche Verwirrung bezüglich der Benennungen, als gerade in der Lehre von den Gefühlen, da es selbst psychologisch vorgebildeten Untersuchern in ihren Ausführungen immer wieder passiert, daß sie Gefühle und Empfindungen durcheinander werfen, ganz abgesehen von der Physiologie, wo nach wie vor Gefühle und Empfindungen in fast gleichbedeutender Weise im Gegensatz zu dem sonst üblichen Sprachgebrauch angewandt werden. Wundt hat daher genaue historische Studien über die Entwicklung des jetzt gültigen Sprachgebrauchs gemacht und auch Orth stellte seinen Untersuchungen terminologische Ausführungen voran (S. 4 ff.). Alle Inhalte des Bewußtseins können wir nach Wundt (I, S. 345) in objektive und subjektive sondern, d. h. die ersten werden auf äußere, dem wahrnehmenden Subjekt gegebene Gegenstände, die zweiten auf den Zustand des Subjektes selbst bezogen. Die objektiven Bewußtseinsinhalte sind die Vorstellungen, die subjektiven die Gemütsbewegungen. Die Elemente der Gemütsbewegungen sind die Gefühle. Lipps hebt

den Gegensatz der Empfindungsinhalte und der Gefühle als den fundamentalsten innerhalb der Psychologie hervor und Ed. v. Hartmann bezeichnet Empfinden und Fühlen als die einzigen Elementarphänomene, die dem Bewußtsein gegeben sind (S. 272). Lehmann versteht unter Gefühlen Zustände der Lust und Unlust im Gegensatz zu Empfindungen und Vorstellungen (Hauptgesetze, S. 12) und Külpe bezeichnet (S. 230) „die Gefühle als wesentliche Zustände des Erlebenden, als seinen eigensten Besitz, als Ausdruck seiner Persönlichkeit und Aktivität“ und führt weiter aus, „in diesem Sinne erscheinen die Gefühle als etwas rein Subjektives gegenüber den nur teilweise subjektiven Empfindungen“. Höffding (S. 121) betont die Selbständigkeit der Gefühlselemente den anderen Bewußtseinselementen gegenüber, ebenso wie nach v. Hartmann- (S. 264) Höfler die Gefühle als selbständige Klasse psychischer Elemente auffaßt. Lipps definiert die Gefühle als unmittelbare Bewußtseinssymptome von der Weise, wie psychische Vorgänge zum Zusammenhang des seelischen Lebens sich verhalten und bezeichnet sie daher auch als Ichinhalte und Ichqualitäten (Das Selbstbewußtsein, S. 1). In ähnlicher Weise definiert Jodl, der die Gefühle neben Empfindung und Streben als die drei verschiedenen Formen und Erscheinungsweisen des allgemeinen Vorganges primärer psychischer Reaktionen auffaßt (I, S. 155), die Gefühle „als die Ichseite an den präsentativen und perzeptiven Bewußtseinsphänomenen“ und führt hierauf die größere Ähnlichkeit der Gefühle untereinander gegenüber den Vorgängen, durch die sie erregt werden, zurück. Nach Orth (S. 32) gibt es ein stichhaltiges Kriterium der Gefühle überhaupt nicht. Im Gegensatz zu den meisten modernen Psychologen faßt Ziehen die Gefühle nicht als selbständiges Bewußtseinselement auf, sondern legt der Empfindung als einer besonderen Eigenschaft den Gefühlston bei. „Der Gefühlston stellt gewissermaßen einen sechsten Sinn dar, welcher — seine Qualitäten den Empfindungen der anderen Sinne, unter gewissen Bedingungen aber auch den Erinnerungsbildern bei-

mischt" (S. 130). In Übereinstimmung mit der Mehrzahl der hier angeführten Autoren fassen wir die Gefühle als selbständige Bewußtseinselemente auf und definieren sie mit Wundt als die subjektiven Bewußtseinsinhalte.

Unter Affekten versteht Wundt diejenige Art subjektiver Zustände, bei denen eine mehr oder weniger starke Veränderung im Verlauf der Vorstellungen stattfindet (Philos. St., Bd. VI, S. 358) Lehmann (Hauptgesetze, S. 59) definiert die Affekte als „Seelenzustände, in welchen starke Gefühle mit größerer oder geringerer Störung des normalen Vorstellungslaufes verbunden sind und welche zugleich von verschiedenen Veränderungen des körperlichen Zustandes begleitet werden". In seiner physiologischen Psychologie (III, S. 210) trennt Wundt die Affekte von den einfachen Gefühlsvorgängen, von denen sie sich durch die Verbindung wechselnder Gefühle zu einem Gefühlsverlauf und durch die größere Stärke der Gefühle unterscheiden. Lipps definiert Affekte als Gemütsbewegungen, d. h. Weisen des Ablaufs des psychischen Geschehens, sie sind eigenartig charakterisierte Weisen dieses Ablaufes (S. 24). Ziegler teilt die Gefühlsvorgänge der Intensität nach in Gefühle und Affekte ein, so daß der Affekt lediglich ein intensiveres Gefühl darstellt (S. 108) ebenso faßt nach v. Hartmann (S. 266) Höfler den Affekt als ein Gefühl von außergewöhnlich großer Intensität auf. Nach Höffding (S. 384) ist der Affekt ein plötzliches Aufbrausen des Gefühls. Jodl (S. 358) definiert folgendermaßen: „Unter Affekt versteht man das plötzliche Eintreten oder rapide Anschwellen eines auf Vorstellungen beruhenden Gefühls mit solcher oder zu solcher Intensität, daß dadurch jeder anderweitige Bewußtseinsinhalt verdrängt wird und dieser Gefühlszustand samt den ihn veranlassenden Vorstellungen als ausschließlich herrschender Bewußtseinsinhalt übrig bleibt." Ziehen versteht unter Affekten Gefühle, die einen Einfluß auf die Ideenassoziation und die motorischen Innervationen ausüben (S. 166). Stumpf faßt Gemütsbewegungen als den Gefühlen gleichartige und nur graduell

verschiedene psychische Prozesse auf (S. 47). Während man allgemein und nicht nur in psychologisch geschulten Kreisen unter Affekt einen Gefühlsvorgang versteht, kommt Orth zu dem, dem allgemeinen Sprachgebrauch widersprechenden Satz 15 (S. 130): „Es gibt Affekte, die keine Gefühle als konstitutive Elemente enthalten.“ Ich glaube, daß wir in Übereinstimmung mit der Mehrzahl der hier angeführten Autoren dieser Ansicht Orths widersprechen müssen und unter Affekten nur solche Bewußtseinsvorgänge verstehen, die Gefühle enthalten, sich jedoch durch ihre Intensität von den einfachen Gemütsbewegungen unterscheiden.

Als Stimmungen bezeichnet Wundt Affekte, die mit Gefühlen von relativ geringer Stärke verbunden sind (III, S. 210). Ziegler trennt der Dauer nach die Gefühlsvorgänge in solche, die in kurzer Zeit verlaufen, Gefühle und Affekte, und Zustände von längerer Dauer, die sogenannten Stimmungen (S. 108). Lehmann führt (Hauptgesetze, S. 62) folgendes aus: „Unter Affekt verstehen wir den gewaltsamen, aber schnell verlaufenden, unter Stimmung den schwächeren, aber nachhaltigeren Zustand.“ Später definiert er die Stimmung als einen chronischen Gefühlszustand (Körperliche Äußerungen, Bd. I, S. 199), Jodl (II, S. 367) versteht unter der Stimmung eine dem Affekt gerade entgegengesetzte Form der Gefühlserregung und möchte dieselbe im Gegensatz zu dem akuten Auftreten des Affekts eine chronische Erregung nennen. Höfler faßt nach v. Hartmann (S. 266) eine Stimmung lediglich als eine Gefühlsdisposition auf und Ziehen versteht unter Stimmung die Resultante der in einer bestimmten Zeiteinheit auftretenden positiven und negativen Gefühlstöne (S. 239.) Wir werden in den folgenden Ausführungen unter Stimmung stets einen chronischen Gefühlszustand verstehen.

Als Eigenschaften der Gefühle faßt Külpe (§ 36) ihre Qualität, ihre Intensität und ihre Dauer auf.

Die Wirkung eines Gefühls ist nach Jodl (Bd. II, S. 33) eine Funktion

1. der Intensität } der mit demselben verbundenen
2. der Dauer } Empfindungsqualität und
3. des zu verändernden Gesamtbewußtseins.

Letzteres bezeichnet Külpe auch als Modifikation durch den schon vorhandenen Gemütszustand.

Dies sind die allgemeinen Eigenschaften der Gefühle, soweit sie für uns in den folgenden Untersuchungen in Frage kommen.

Als Einteilungsprinzip der Gefühle selbst hat man von jeher ihre Qualitäten gewählt. Jodl schreibt (Bd. II, p. 1): „Lust und Schmerz der kontrastierenden Grundformen der Gefühle sind wesensverwandte, aber qualitativ entgegengesetzte Bewußtseinszustände, welche ebenso wie die einfachen Inhalte der Empfindungen nicht weiter definiert werden können, sondern in der unmittelbaren Selbstwahrnehmung jedes bewußten Wesens gegeben sind und aus ihr erkannt werden müssen." Eine gleiche Einteilung der Gefühle von Lust und Unlust haben wir bereits in der Einleitung bei der Erwähnung der Meynertschen Theorie kennen gelernt und auch die von Lehmann gegebene Definition der Gefühle überhaupt enthielt bereits diese Gefühlseinteilung. Nach v. Hartmann teilen von den älteren Psychologen Lotze, George, Fortlage, Schaller, Nahlowsky, Horwicz, ferner Brentano, Volkmann und Höfler die Gefühle in gleicher Weise ein. Auch Külpe nimmt nur diese Qualitäten der Gefühle an (§ 36) und Höffding spricht von dem großen Gegensatz der Lust und Unlust, durch den jedes Gefühl, ob hoch oder niedrig, charakterisiert wird (p. 301). Ziehen, der auch in Lust und Unlust, positive und negative Gefühlstöne einteilt, hebt jedoch die qualitative Verschiedenheit der unter diesen Hauptrubriken untergebrachten Gefühle hervor (p. 158). In gleicher Weise nimmt Störring eine große Menge qualitativ differenter Lust- und Unlustgefühle an (p. 434). Wundt, dessen Ausführungen in seiner physiologischen Psychologie wir uns bisher immer angeschlossen haben, nimmt im Gegensatz zu dieser Gliederung der Gefühle

in Lust und Unlust, wobei entweder unter diesen Gegensätzen einfache Qualitäten oder Kollektivbegriffe, wie Orth es nennt, vorhanden waren, drei Hauptrichtungen der Gefühle an. Neben den zwei Gefühlsformen der Lust und Unlust stellt er Erregung und Beruhigung, Spannung und Lösung als weitere Grundformen der Gefühle auf, die er bei planmäßiger Verwendung der Eindrucksmethode feststellen konnte (Bd. II, p. 285). Er gelangt so zu einer dreidimensionalen Mannigfaltigkeit der Gefühle, die drei selbständigen Gefühlsrichtungen entsprechen. Dieser Einteilung der Gefühle haben sich Vogt auf Grund von Experimenten an Hypnotisierten, Binswanger, Brahn und Gent angeschlossen. Sie hat andererseits von den verschiedensten Seiten einen mehr oder minder energischen Widerspruch erfahren, so von Titschner, v. Hartmann und anderen und neuerdings von Orth. v. Hartmann führt gegen Wundt an (p. 215): „Wenn man nämlich dasjenige, was Lust und Unlust an beiden letzten Klassen ist, ausscheidet, so bleiben lediglich Empfindungen und Vorstellungen übrig, durch welche sich diese Gefühle von anderen Lust- und Unlustgefühlen unterscheiden. — Es ist deshalb kein Wunder, daß fast alle andern neueren Psychologen dabei stehen geblieben sind, die Gefühle im Unterschied von den Empfindungen ausschließlich in Lust nnd Unlust zu suchen, in beiden anderen Klassen Wundts aber nur Mischungen von Gefühlen und Empfindungen zu sehen.“ Auch Lehmann vertritt einen ähnlichen Standpunkt gegenüber der Wundtschen Einteilung, er schreibt (Die körperlichen Äußerungen, Bd. II, p. 307): „Die beiden anderen Dimensionen (außer Lust und Unlust), deren Aufstellung Wundt für notwendig erachtet hat, nämlich die Exaltation — Depression und die Spannung — Lösung, schienen mir keineswegs so unzusammengesetzte Erscheinungen zu sein. Zustände der Exaltation und der Depression lösen sich mir in eine primäre Lust oder Unlust und verschiedene ebenfalls konstante Organempfindungen auf.“ Ich muß mich diesen Ausführungen Lehmanns anschließen, auch ich kann bei einer genauen Selbst-

beobachtung in meinem eigenen Gefühlsleben nur Zustände von Lust und Unlust entdecken, die allerdings qualitativ unendlich abgestuft sind. Auch die Beobachtung an Nervenleidenden und Geisteskranken hat mich keine weiteren Gefühlsqualitäten kennen gelehrt, obwohl ich in den letzten Jahren unter dem Einfluß der Wundtschen Theorie immer ein Augenmerk auf dieselben richtete. Jeder erfahrene Arzt weiß, wie leicht durch suggestive Fragen oft ganz unbewußt für beide Teile Antworten erhalten werden, die einem vorher zurechtgemachten System entsprachen. Die von Wundt als weitere Grundformen der Gefühle aufgestellten zwei Richtungen sind mir, wenn ich einem so geübten Selbstbeobachter gegenüber, wie Wundt es ist, meine eigenen bescheidenen Beobachtungen anführen darf, als psychische Zustände aus dem eigenen Innenleben recht wohl bekannt, der Aufenthalt im Dunkeln ist z. B. bei mir von einem entschiedenen Unlustgefühl begleitet, während der Übergang ans Tageslicht mit einem deutlichen Lustgefühl verbunden ist. (Wundt II, S. 285.) Die Spannung ist für mich ein mit einer ganzen Reihe von unangenehmen Organempfindungen einhergehendes Unlustgefühl, während sich die Lösung für die subjektive Analyse als deutliches Lustgefühl zu erkennen gibt. Es mag dies eine individuelle Einseitigkeit des Gefühlslebens sein oder an meiner ungenügenden psychologischen Schulung liegen. Jedenfalls fand ich, so gern ich im Interesse einer möglichst vollständigen Untersuchung des mir gestellten Problems mich der Wundtschen Einteilung angeschlossen hätte, keine Berechtigung, die alte Lust- Unlusttheorie gegen die innerste Überzeugung aufzugeben. Die Untersuchungen selbst gestatteten mir auch nicht, mich Wundt anzuschließen, da es nach Wundt nicht angängig ist, aus den physischen Symptomen auf die psychischen Erscheinungen zurückzuschließen, wie er dies Lehmann gegenüber hervorgehoben hat und wir nur da das Vorhandensein eines bestimmten psychischen Zustandes annehmen können, wo die subjektive Analyse selbst deren Vorhandensein ergibt. Meine Versuchsperson, die den Untersuchungen

psychischer Phänomene vollständig naiv gegenüberstand, bezeichnete die angewandten Reize lediglich als angenehm oder unangenehm und verfuhr also nach der Lust-, Unlusttheorie. Ich habe es daher auch vermieden, beim Auftreten der von anderen Untersuchern als für die Lösung z. B. charakteristischen Veränderungen an der plethysmographischen und Atmungskurve durch entsprechende Fragen die Versuchsperson ev. dazu zu bringen, daß sie diesen angenehmen Zustand, diesen Zustand der Erleichterung auch als Lösung bezeichnet hätte, da man nie weiß, wo die suggestive Einwirkung einer derartigen Frage beginnt. Ich stellte aber absichtlich keine solchen Fragen und zog die Unvollständigkeit der Untersuchungen vor. Übrigens hat Wundt selbst den von ihm Lehmann gegenüber betonten Standpunkt, daß nur die subjektive Analyse und nicht die peripheren physischen Symptome maßgebend seien, insofern nicht ganz konsequent durchgeführt, wie dies Orth (p. 53) mit Recht hervorhebt, als er Untersuchungen von Mentz und Kurven von Lehmann, deren Versuchspersonen nichts von Lösung und Spannung, Erregung und Beruhigung wissen, zur objektiven Stütze seiner Theorie mit herangezogen hat. Es handelt sich jedoch, wie schon einmal hervorgehoben wurde, in den folgenden Untersuchungen nicht um die Feststellung, ob diese oder jene Theorie, diese oder jene Einteilung der Gefühle recht hat, dazu fühle ich mich nicht berufen und nicht genügend vorgebildet, sondern lediglich um die Feststellung der objektiven physischen, mit den Gefühlen verbundenen Symptome, wobei namentlich die zerebrale Zirkulation berücksichtigt werden soll. Nimmt man neben Lust und Unlust noch die weiteren Wundtschen Gefühlsrichtungen an, so sind an geeigneten Versuchspersonen, die meinen, ergänzende Untersuchungen anzustellen, die das Verhalten der zerebralen Zirkulationen bei diesen Gefühlsqualitäten ergeben, da man in meinen Untersuchungen fast nichts darüber finden wird. — Ergänzende Untersuchungen werden auf jeden Fall notwendig sein, da in den folgenden Blättern nur die Reaktion eines einzelnen Individuums mitgeteilt wird.

Wir müssen uns noch kurz mit der Frage nach den Gefühlsmischungen beschäftigen. Nach Wundt (II, p. 341) sind alle Gefühle gemischt und gelingt es erst durch Analyse die einzelnen Gefühlskomponenten festzustellen. Die Gefühle vereinigen sich ferner zu einem jeweilig vorhandenen Totalgefühl. Ziegler dagegen kennt keine Gefühlsmischungen, sondern hält die scheinbar als solche aufgefaßten für Gefühlsoszillationen (p. 101). v. Hartmann sieht alle im gewöhnlichen Leben als Gefühle bezeichneten psychischen Zustände als Komplexe von Lust und Unlust an (p. 272) und Höfler huldigt nach v. Hartmann gleichfalls der Annahme, daß gemischte Gefühle existieren (p. 264). Wir nehmen mit Ziegler keine Gefühlsmischungen an, sondern sehen in den scheinbaren Mischungen nur Gefühlsoszillationen.

Die Affekte teilt Wundt nach zwei Gesichtspunkten ein, und zwar erstens rein formal nach ihrem Verlauf in rasch an-steigende, allmählich ansteigende remittierende und oszillierende (III, p. 217), inhaltlich dagegen scheidet er sie nach dem hauptsächlichsten, dieselben konstituierenden Gefühl, wobei er seine drei Gefühlsrichtungen als Ausgangspunkte wählt. Wir werden uns im folgenden meistens der an Wundt anschließenden Einteilung nach der Verlaufsform und der alten Unterscheidung in sthenische und asthenische Affekte je nach der Einwirkung auf das motorische System bedienen. Wir werden übrigens nur äußerst selten in die Lage kommen, in den folgenden Untersuchungen uns mit Affektvorgängen zu beschäftigen, was in der Art der Versuchsanordnung und der Anwendung äußerer Reize begründet ist.

Wichtiger als die bisherigen aphoristischen Ausführungen über den gegenwärtigen Stand der Lehre von den Gefühlen, die jedoch zur Charakterisierung der Stellung, die diese Untersuchungen gegenüber den modernen Anschauungen einnehmen und um festzustellen, in welchem Sinne die verschiedenen Bezeichnungen gebraucht werden sollen, notwendig waren, sind für unsere mehr praktischen Interessen die allgemeinen Theorien der Gefühle, da diese Untersuchungen über die zerebrale Zirku-

lation bei den verschiedenen psychischen Prozessen nach Lehmanns Erwartungen eine Psychodynamik anbahnen sollen.

Von vornherein können wir diejenigen Theorien unberücksichtigt lassen, die in den Gefühlen sekundäre, aus den Vorstellungen und ihrem Ablauf hervorgehende psychische Zustände sehen, wie dies die Herbartsche Theorie z. B. tut, ebenso können die Theorien, welche die Gefühle vom teleologischen Gesichtspunkte aus, sei es als dunkles Erkenntnisvermögen der Seele, also rein intellektualistisch, oder mehr vom biologischen Standpunkt als die Reaktion auf für den Körper nützliche und schädliche Reize unberücksichtigt bleiben, da für unsere in der Einleitung entwickelten Anschauungen und entsprechend den Absichten dieser folgenden Untersuchungen lediglich solche Theorien in Frage kommen können, die die zweifache Natur der Gefühle, die physische und psychische berücksichtigen. Die psychologischen Theorien der Gefühle, mit denen wir uns hier kurz nur auseinandersetzen wollen und auf die wir bei der Besprechung der Ergebnisse zurückkommen müssen, lassen sich, wie dies auch Külpe thut, in peripher-physiologische und zentral-physiologische einteilen.

Auch die peripher-physiologischen Theorien besitzen für uns wenig Interesse, da sie eine einheitliche Erklärung aller Gefühle nicht zu geben vermögen und lediglich auf die Theorie der sinnlichen Gefühle und der Affekte eine Anwendung gestatten. Erwähnen wollen wir hier nur die Theorie von Grant Allan, da an sie die Lehmannsche Theorie, mit der wir uns vor allem später zu beschäftigen haben, anschließt. Nach ihr sind die Gefühle der Lust und Unlust geknüpft an dem Energieverbrauch im peripheren Sinnesorgan, indem das Überschreiten eines gewissen Energieverbrauchs bei der einzelnen Sinnesempfindung mit Unlust verbunden ist. Lust und Unlust sind bestimmt durch den im peripheren Sinnesorganen stattfindenden Energieumsatz. Die Unmöglichkeit der Anwendung auf die höheren — ästhetischen — Gefühle richtet diese Theorie. Eine andere Art der peripheren Theorie der Gefühle, die sogenannte sensua-

listische, — bei der man übrigens in Zweifel sein kann, ob man sie zu den peripheren oder zentralen rechnen soll, — hat in den letzten Jahren eine immer erneute Besprechung und Widerlegung erfahren. Diese nach ihren Begründern auch als James-Langesche bezeichnete und vor allem für die Erklärung der Affekte ins Feld geführte Theorie faßt die Affekte als eine Summe von Organempfindungen auf und betrachtet das begleitende und nach allgemeiner Ansicht primäre Gefühl als etwas aus den Organempfindungen Hervorgegangenes, Sekundäres. Exner, der sich auch dieser Ansicht anschließt, schreibt (p. 207): „Lust und Unlust fasse ich auf: 1. als in der Brusthöhle infolge von Zirkulationsänderungen auftretende Empfindungen und 2. als Muskelgefühle.“ Diese sensualistische Theorie hat von den verschiedensten Seiten eine ebenso sachliche wie entschiedene Zurückweisung erhalten, indem man vor allem auf die unbestreitbare Bewußtseinstatsache sich stützt, daß zwischen einer Empfindung und dem Auftreten der begleitenden Gefühle eine meßbare Zeit nicht verfließt, während die an den peripheren Organen zu beobachteten Erscheinungen ganz erheblich später auftreten, ja zum Teil sich oft erst einstellen, wenn die Gefühle selbst im Abklingen sind. Ich habe oben angedeutet, wie ein eventueller Anhänger dieser Theorie die folgenden Untersuchungen in seinem Sinne verwerten könnte, obwohl ich selbst glaube, daß endgiltig der Stab über dieselbe zu brechen ist. Von allen Seiten wird jedoch zugestanden, daß dieser Theorie das große Verdienst zukommt, die Aufmerksamkeit der Psychologen mehr auf die physische Seite der Gefühlsvorgänge gelenkt und auch gezeigt zu haben, daß die Organempfindungen ganz sicher verstärkend auf das primäre Gefühl, besonders bei den Affekten einwirken. Beiläufig bemerkt, ist das Verhältnis der Ausdrucksbewegungen der Gefühle zu dem Gefühlsvorgang selbst — wie allgemein anerkannt wird — in dieser Beziehung ein ganz verschiedenes, indem diejenigen der Lustgefühle dieselben entschieden zu steigern, diejenigen der Unlustgefühle aber, wie z. B. die Träne den Schmerz, zu ver-

mindern pflegt. In sehr übersichtlicher Weise hat Stumpf die verschiedenen Gefühlstheorien an der Hand eines Schemas besprochen und namentlich die Gründe für und gegen die sensualistische Theorie erörtert. Er kommt zu dem Schlusse, daß diese Theorie für die normalen Affektvorgänge zu verwerfen sei, wenn er ihr auch vielleicht eine gewisse Berechtigung in der Anwendung auf pathologische Fälle, z. B. bei Geisteskranken, nicht ganz absprechen will. Wir kommen später auf diese Anwendung für pathologische Fälle und die Berechtigung derartiger Deduktionen überhaupt zurück. Für normale Gefühlsvorgänge kommt diese Abart der peripher-psychiologischen Theorie nicht in Frage; alle, die sich für diese Theorie interessieren, möchte ich vor allem auf Stumpfs Ausführungen verweisen.

Wichtiger für unsere Untersuchungen ist die Stellung, die wir zu den zentralphysiologischen Theorien einnehmen. In der Einleitung haben wir bereits die verschiedenen Gründe hervorgehoben, die für eine kortikale Lokalisation der Gefühlsvorgänge sprechen, und wir wollen hier die dort gemachten Ausführungen nicht wiederholen. Dort wurde auch bereits die Meynertsche Theorie der Gefühle, die in den Ernährungsverhältnissen der Hirnrinde die physische Grundlage der Gefühlsvorgänge sieht, erwähnt. Wie Ziehen hervorhebt, hat diese geistreiche Theorie weder einen Beweis noch eine Widerlegung erfahren, Külpe meint, es sei a priori wahrscheinlicher, daß die Zirkulationszustände der Hirnrinde, die Anämie und Hyperämie, mit denen Meynert operiert, Folgezustände als das primäre, die Gefühle auslösende Moment seien. Die von Höffding betonte langsamere Beweglichkeit der Gefühle, ihre größere Persistenz gegenüber den rasch wechselnden Vorstellungen konnte wohl mit Recht zugunsten einer Auffassung im Sinne Meynerts angeführt werden. Jedenfalls ist die Meynertsche Theorie bei der Besprechung unserer eventuellen Befunde zu berücksichtigen. In der Einleitung haben wir auch bereits ausführlich und unter Anführung seiner eigenen Worte der Theorie Wundts gedacht, die in den

Gefühlen Reflexe des Apperzeptionszentrums, als welches er das Stirnhirn auffaßt, sieht. Es ist im Gegensatz zu Meynert, der die Ernährungsverhältnisse der gesamten Hirnrinde in Betracht zieht, wie Külpe auch hervorhebt, dies eine lokalisierte kortikale Theorie der Gefühle, die aber über die Art des physischen Geschehens in diesem Zentrum nichts aussagt und auch keinen Versuch macht die einzelnen psychologischen Tatsachen wie die Qualitäten der Gefühle zu erklären. Die Wundtsche Theorie sieht also, allgemein gesagt, die physische Grundlage der Gefühle in Nervenvorgängen in der Stirnhirnrinde und umgeht somit das Mittelglied des Gefäßsystems und des durch dasselbe zum Teil bedingten Ernährungszustandes. Ähnlich sieht Ziehen die materiellen Grundlage der Gefühlsvorgänge in kortikalen, dem einfachen Empfindungsvorgang in der Hirnrinde sich hinzugesellenden Nervenprozessen, über deren Lokalisation er sich nicht weiter ausspricht. Jodl, der auch zentralphysiologische Prozesse als Grundlage für die Gefühlsvorgänge auffaßt, deutet die Annahme eventueller Gefühlszentren, auf die Gifte einwirken könnten, an. Wir kennen keine solchen Gefühlszentren aus der klinischen Erfahrung und nur die Verletzung der Stirnhirnrinde hat, wie aus den Zusammenstellungen der verschiedenen klinischen Beobachtungen ersichtlich ist (s. auch Monakow p. 494) öfters deutliche affektive Störungen herbeigeführt, so daß auch die klinische Erfahrung neben den in der Einleitung angedeuteten experimentellen Tatsachen für Wundts Theorie ins Feld geführt werden kann.

Mit der Frage nach der Art der Nervenprozesse, die den Gefühlen parallel gehen, hat sich Lehmann, der ein Anhänger einer zentralphysiologischen Theorie der Gefühlsvorgänge ist, näher beschäftigt. In seinem älteren Werke kommt er bei Besprechung der Gefühlstheorien zu den an Grant Allan anlehnenden Ausführungen (p. 160 Satz 214). „Es ist anzunehmen, daß Lust und Unlust in allen Fällen die psychischen Resultate des Verhältnisses zwischen dem im gegebenen Augenblick von dem ar-

beitenden System erforderten Energieverbrauch und der Energiezufuhr durch die Ernährungstätigkeit sind.“ Hier wird also der Energieumsatz zur physischen Grundlage für die Gefühlsvorgänge gemacht. In seiner späteren Arbeit faßt Lehmann auf Grund von ergographischen Versuchen (Die körpel. Äußerungen, Bd. II, p. 301) seine modifizierte dynamische Gefahrtheorie folgendermaßen zusammen: „Wenn ein psychophysiologischer Prozeß keinen größeren Verbrauch der Energie jedes einzelnen arbeitenden Neurons erfordert, als daß der Stoffwechsel fortwährend den Verbrauch zu ersetzen vermag, so wird die psychische Wirkung hiervon ein Lustgefühl sein, während die physiologische Wirkung die Bahnung von Bewegungen in anderen Zentren wird. Das Maximum des Lustgefühls wird erreicht, wenn der Stoffwechsel den stattfindenden Verbrauch gerade zu decken vermag. Bei Überschreitung dieser Grenze nimmt sowohl das Lustgefühl als die Bahnung schnell ab, indem der Verbrauch im Arbeitszentrum nun einen Energiestrom aus den Umgebungen bewirkt, wodurch gleichzeitige Prozesse in letzteren gehemmt werden. Der psychische Zustand ist unter diesen Verhältnissen zunächst neutral, je nach den Umständen bald zur Lust bald zur Unlust tendierend. Wird endlich der Verbrauch in den arbeitenden Neuronen so groß, daß er nicht durch den Stoffwechsel im Verein mit dem interzellulären Energiestrom gedeckt werden kann, so wird die psychische Wirkung ein Unlustgefühl werden. Eine Hemmung anderer, gleichzeitiger Prozesse wird deshalb stets das Unlustgefühl begleiten, ausgenommen, wenn dieses nur von rein instantaner Dauer ist, so daß kein Energiestrom zustande kommt; alsdann wirkt die Bewegung im Arbeitszentrum bahnend (das Erschrecken).“ Aus diesen Ausführungen Lehmanns ersehen wir, daß er jetzt im Energieverbrauch des Zentralorgans die physische Grundlage der Gefühlsvorgänge sieht. Nicht der gesamte Energieumsatz, sondern der Energieverbrauch der einzelnen Neurone kommt psychisch als Lust oder Unlust zum Bewußtsein. Ein Rätsel bleibt es natürlich nach wie vor, wie das Bewußtsein diesen Energieumsatz als Gefühl

auffassen kann, aber mit derartigen nie aufzuklärenden Erscheinungen rechnen wir auch bei der Zurückführung des Empfindungsvorgangs auf eine Erregung in den kortikalen Sinneszentren. Ich glaube, die Lehmannsche Hypothese bietet eine einfache Erklärung der physischen Erscheinungen dar und erfüllt jedenfalls die Anforderung, eine gute Arbeitshypothese zu sein, die zur Untersuchung einer Reihe von Problemen antreibt. Sie hat noch einen weiteren Vorzug darin, daß sie sich sehr wohl mit der Wundtschen Hypothese, die die Gefühle als Reflexe des Apperzeptionszentrums auffaßt, vereinigen läßt. Der Energieumsatz im Apperzeptionszentrum oder besser derjenige der einzelnen im Apperzeptionszentrum gelegenen Neurone wäre demnach die materielle Grundlage der Gefühlsvorgänge. Die Lage von kortikalen Herz- und Gefäßzentren in der dem Stirnhirn benachbarten motorischen Region, die nahen Beziehungen des Stirnhirns zu den Atmungsvorgängen ließen sich, wie dies schon hervorgehoben, zugunsten der Wundtschen lokalisierten Theorie anführen. Die von Lehmann angenommene Bahnung in den benachbarten Zentren beim Lustgefühl, die Hemmung beim Unlustgefühl kann ungezwungen im Lehmannschen Sinne durch Einwirkung des Energieumsatzes im Stirnhirn auf die nächsten Nachbargebiete, die vordere Zentralwindung, erklärt werden. Die Nachbarschaft der motorischen Sprachzentren, auf die der Energiestrom entweder bahnend oder hemmend wirken muß, und verschiedene andere Gründe sprechen entschieden zugunsten dieser Theorie. Die pathologischen Erfahrungen, auf Grund deren sich Störring für die sensualistische Theorie erklärt (S. 23 ff.) lassen sich ebenso leicht, ja viel ungezwungener aus der dynamischen Gefühlstheorie ableiten, obwohl ich im ganzen warnen möchte, die viel zu komplexen pathologischen Erscheinungen für die Erklärung normaler Vorgänge heranzuziehen. Das gleiche gilt für die von Lange ins Feld geführten Wirkungen von Genußmitteln und Giften; auch die Wirkungen dieser lassen sich viel leichter aus der Lehmannschen als auf Grund der James-Langeschen Theorie erklären. Wir wissen von

einer Reihe von Giften direkt, daß sie auf die Ganglienzellen toxisch einwirken und infolgedessen selbstverständlich auch den Energieumsatz in dem einen oder anderen Sinne beeinflussen. Es gibt Gifte, die den Energieumsatz im Zentralnervensystem enorm steigern und, je nachdem eine gleichzeitige Steigerung des Stoffwechsels statthat oder fehlt, werden sie als Lust oder Unlust hervorrufende Reize einwirken. Wenn in pathologischen Fällen die im einzelnen Neuron vorhandene Energiemenge eine geringe ist und gleichzeitig der Stoffwechsel der zentralen Substanz daniederliegt, kann ein sonst indifferenter Reiz bereits die gesamte Energiemenge der Neurons erschöpfen und nun seine Einwirkung mit Unlust verbunden sein. Ist dagegen in anderen Fällen der Energievorrat des Neurons ein großer und besteht gleichzeitig ein lebhafter Stoffwechsel, so können für andere oder für dasselbe Individuum sonst unlustbetonte Reize indifferent ja sogar mit einem Lustgefühl verbunden sein. Weiter darauf einzugehen, würde uns zu weit führen, wir werden in unseren Schlußbetrachtungen die wahre Bedeutung dieser Theorie erst erkennen, wenn wir die physiologische Seite derselben noch einer näheren Besprechung unterzogen haben. Hier wollte ich nur darauf hinweisen, daß die pathologischen Erfahrungen nicht nur für die sensualistische, sondern ebensogut, ja viel besser für die dynamische Gefühlstheorie verwertet werden können. Es kann nicht meine Aufgabe sein, die Anwendung dieser Theorie im einzelnen klarzulegen und so zu prüfen, es wird dies sicher von berufenerer Seite geschehen, hier möchte ich nur die Bedeutung derselben hervorheben, da ich dieselbe namentlich auch auf Grund pathologischer Erfahrungen für eine sehr fruchtbare Theorie halte. Mit ihr werden wir uns, wie schon erwähnt, nach der Mitteilung unserer Versuchsergebnisse, und bei der Interpretation derselben, ausführlich zu befassen haben.

Literatur zur Lehre von den Gefühlen.

Binswanger, Die psychologische Denkrichtung in der Heilkunde. Rektoratsrede, Jena 1900.

Brahn, Experimentelle Beiträge zur Gefühlslehre. Wundts Philosoph. Studien 1901, Bd. XVIII, S. 127.

Exner, Physiol. Erklärung der psychischen Erscheinungen. Leipzig 1894.

Gent, Volumpulskurven bei Gefühlen und Affekten. Wundts Philosoph. Studien 1903, Bd. XVIII, S. 715.

Hartmann, Die moderne Psychologie. Leipzig 1901.

Höffding, Psychologie in Umrissen. Übersetzt von Benedixen. Leipzig 1901.

Külpe, Grundriß der Psychologie. Leipzig 1893.

Jodl, Lehrbuch der Psychologie, 2. Aufl. Stuttgart 1903.

Lange, Über Gemütsbewegungen. Übersetzt von Kurella. Leipzig 1887.

Lehmann, Die Hauptgesetze des menschlichen Gefühlslebens. Übersetzt von Benedixen. Leipzig 1892.

Derselbe, Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. Übersetzt von Benedixen. I. Teil: Plethysmographische Untersuchungen. Leipzig 1899.

Derselbe, Die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. Übersetzt von Benedixen. II. Teil: Die psychischen Äquivalente der Bewußtseinserscheinungen. Leipzig 1901.

Lipps, Vom Fühlen, Wollen und Denken. Wiesbaden 1902.

Derselbe, Das Selbstbewußtsein, Empfindung und Gefühl. Wiesbaden 1901.

Meynert, Klinische Vorlesungen über Psychiatrie. Wien 1890.

Mentz, Die Wirkung akustischer Sinnesreize auf Puls und Atmung. Wundts Philosophische Studien 1895, Bd. XI, S. 61.

Nahlowsky, Das Gefühlsleben. Leipzig 1884.

Orth, Gefühl und Bewußtseinslage. Berlin 1903.

Sergi, Über den Sitz und die physische Grundlage der Affekte. Zeitschrift für Psychol. und Physiol. der Sinnesorgane 1897, Bd. XIV, S. 91.

Störring, Vorlesungen über Psychopathologie. Leipzig 1900.

Stumpf, Über den Begriff der Gemütsbewegung. Zeitschrift für Psychol. und Physiol. der Sinnesorgane 1899, Bd. XXI, S. 47.

Titschner, Zur Kritik der Wundtschen Gefühlslehre. Zeitschrift für Psychol. und Physiol. der Sinnesorgane 1899, Bd. XIX, S. 321.

Vogt, Zur Kenntnis des Wesens und der psychologischen Bedeutung des Hypnotismus. Zeitschrift für Hypnotismus, Bd. IV, S. 122.

Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, 5. Aufl. Leipzig 1903.

Derselbe, Zur Lehre von den Gemütsbewegungen. Wundts Philosoph. Studien 1891, Bd. VI, S. 335.

Derselbe, Bemerkungen zur Theorie der Gefühle. Wundts Philosoph. Studien 1890, Bd. XV, S. 149.

Ziegler, Das Gefühl. Leipzig 1899.

Ziehen, Leitfaden der physiologischen Psychologie, 6. Aufl. Jena 1902.

Zoneff und Meumann, Über Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge in Atem und Puls. Wundts Philosoph. Studien 1901, Bd. XVIII, S. 1.

IV. Die neueren experimentellen Arbeiten über die physischen Begleiterscheinungen der Gefühle und Affekte.

Diejenige Arbeit, an welche die folgenden Untersuchungen, wie schon wiederholt hervorgehoben wurde, sich anschließen, ist das Lehmannsche Werk über die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände, dessen erster Teil im Jahre 1899 und dessen zweiter Teil im Jahre 1901 in deutscher Übersetzung erschienen ist. Wir müssen kurz, namentlich auf die im ersten Teil niedergelegten plethysmographischen Untersuchungen Lehmanns eingehen. Er hat unter Verwendung eines selbst konstruierten Sphygmographen, Pneumographen und Plethysmographen sehr schöne Kurven der Respiration, des Armvolumens und gelegentlich auch der Radialis zum Studium der physischen Begleiterscheinungen der einfachen Gefühle und Affekte verwendet. Er bediente sich vor allem äußerer Reize, verwendete jedoch auch die Modifikation der Ausdrucksmethode, die in der Reproduktion von Affekten durch begleitende Vorstellungen besteht. Außerdem hat er auch Kurven von narkotisierten und hypnotisierten Individuen mitgeteilt und gerade auf diesem Gebiete sehr interessante und weittragende Mitteilungen gemacht, die uns später noch beschäftigen sollen. Die sehr genauen technischen Anweisungen und die ausführliche experimentelle Kritik, die er den verwendeten Apparaten angedeihen läßt, sind jedem zukünftigen

Untersucher zur Lektüre dringend anzuempfehlen. Nachdem Lehmann die allgemeine Versuchsanordnung einer genauen Besprechung unterzogen hat, geht er auf die Betrachtung des Normalzustandes über. Die fast allen Untersuchern sowohl aus Plethysmogrammen als auch aus Blutdruckkurven bei Tierversuchen bekannten Wellen III. Ordnung, die sogenannten Mayerschen Wellen, faßt Lehmann als durch die Denktätigkeit hervorgerufene Erscheinungen auf, ohne jedoch einen stringenten Beweis dafür erbringen zu können und hat dadurch die ausführliche und interessante Besprechung der Wellen II. und III. Ordnung durch Robert Müller in der schon erwähnten Arbeit veranlaßt. Müller kommt zu dem Schluß, daß weder die Wellen II. noch diejenigen III. Ordnung in ihrem Auftreten irgendwie an ein psychisches Geschehen gebunden sind. Somit ist die Annahme Lehmanns, daß die Wellen III. Ordnung, oder wie er sie nennt, die Undulationen mit psychischen Prozessen in Beziehung ständen, die dadurch gestützt wird, daß Undulationen dieser Art niemals unter Verhältnissen auftreten, wo Denkarbeit ausgeschlossen ist, z. B. nicht während der Hypnose (S. 41), als eine sehr unsichere anzusehen. Das gleiche gilt von dem von Lehmann über die Wellen II. Ordnung und ihren Zusammenhang mit psychischen Vorgängen bemerkten. Er hält ein starkes Hervortreten der Wellen II. Ordnung, der Respirationsoszilationen, in den plethysmographischen Kurven der Versuchsperson ohne entsprechende Vertiefung der Respiration und ohne daß ein äußerer Reiz eingewirkt hat, für ein Zeichen dafür, daß die Versuchsperson entweder schläfrig ist oder sich in einer Gemütsbewegung bestimmter Art befindet. Auch Brodmann hat diese Wellen in dem Zustande der Schläfrigkeit seiner Versuchsperson gesehen und bestätigt somit die eine Angabe Lehmanns über das starke Hervortreten dieser Wellen. Zunächst wendet sich Lehmann der Betrachtung der Wirkungsweise der Aufmerksamkeit zu, wobei er die willkürliche Anspannung der Aufmerksamkeit und unwillkürliches Aufmerken trennt. Das willkürliche Aufmerken,

z. B. die Lösung einer gestellten Rechenaufgabe, bedingt einen kurzen Anstieg mit nachfolgendem deutlichen, oft sehr tiefem Abfall des Armvolumens, das schließlich wieder ansteigt, der Puls ist dabei verkürzt. Das unwillkürliche Aufmerken, das z. B. durch Erschrecken hervorgerufen werden kann, geht mit einer gleichen Schwankung des Armvolumens einher, jedoch ist dabei der Puls verlängert. Die gespannte Erwartung, die auch kurz als Spannung bezeichnet wird, ist durch ein vermindertes Armvolumen und geringe Pulshöhe charakterisiert. Man kann den für den Ausfall der Versuchsergebnisse sehr wichtigen Spannungszustand meist, außer an den oben angegebenen charakteristischen Merkmalen, nach Lehmann vor allem auch daran erkennen, daß die Reaktion auf Reize eine veränderte ist, event. ganz ausbleibt. Lehmann, der auf dem Boden der Lust-Unlusttheorie, wie schon wiederholt hervorgehoben wurde, steht, hat bei mit einem Unlustgefühl verbundenen Reizen, z. B. bei der Verabreichung einer Chininlösung, eine starke Abnahme des Armvolumens mit deutlichem Kleiner- und Schnellerwerden des Pulses beobachtet, während angenehme, mit einem Lustgefühl verbundene Reize eine Zunahme des Armvolumens und der Pulshöhe mit gleichzeitiger Verlangsamung des Pulses bedingen.

Auch auf diese, durch angenehme und unangenehme Reize hervorgerufenen, sehr deutlichen Reaktionen der plethysmographischen Kurve wirken Spannungszustände modifizierend ein und erfordern eine genaue Berücksichtigung bei der Erklärung der sonst unverständlichen Erscheinungen. Eine deprimierte Stimmung geht nach Lehmann mit vermindertem Armvolumen und subnormaler Pulshöhe einher, wobei gleichzeitig starke Respirationsoszillationen auftreten. Bei der Untersuchung des wechselseitigen Einflusses der Gefühle, der Analgesie während der Stickstoffoxydulnarkose und der Hypnose kommt Lehmann in Übereinstimmung mit den älteren Untersuchungen von Mentz (Philosoph. Studien, 1895, Bd. XI, S. 61), die wir später erwähnen müssen, zu dem interessanten Resultat, daß ein äußerer Reiz bis zum Bewußtsein durchdringen muß, um organische Reaktionen,

also Veränderungen des Plethysmogramms und der Respirationskurve hervorrufen zu können. Gegen dieses Ergebnis scheinen allerdings die Befunde Mossos und Brodmanns am Schlafenden zu sprechen, jedoch ist dieser Widerspruch wohl nur ein scheinbarer, während die Untersuchungen Brahns in der Tat, wie wir später sehen werden, zu einem gerade entgegengesetzten Resultate kommen. Bei der Reproduktion von Affekten, Untersuchungen, bei denen Lehmann in der günstigen Lage war, einen Schauspieler als Versuchsperson verwenden zu können, ergaben ähnliche Resultate wie die oben erwähnten Versuche mit einfachen Gefühlen. Das wichtige praktische Ergebnis dieser Arbeit faßt Lehmann in den Worten zusammen: „daß es möglich ist, aus der Volumkurve den Bewußtseinszustand der Versuchsperson zu diagnostizieren". Ich muß offen gestehen, daß diese Worte mich vor allem auch zu den ausgedehnten plethysmographischen Untersuchungen an Geisteskranken, bei denen ich auch eventuell die durch Alterationen der Gefühlsvorgänge veränderte Reaktion, z. B. bei Dementia praecox und anderen Psychosen studieren wollte, veranlaßt haben, bis ich nach und nach zu der Überzeugung kam, daß Wundt mit Recht diesem praktischen Ergebnis entgegengetreten ist, als er darauf hinwies, daß die physischen Erscheinungen an sich nichts beweisen und keinen Rückschluß auf die psychischen Vorgänge gestatten; nur ein Versuch, bei dem ein gleichzeitiges Vorhandensein des psychischen und physischen Vorganges, wobei der erstere durch ausdrückliches Befragen der Versuchsperson festzustellen ist, kann nach Wundt als beweiskräftig angesehen werden. Auch ich habe es daher vorgezogen, mich auf die praktischen Resultate Lehmanns nicht zu stützen und eine Arbeit von Monaten zu vernichten. Die inhaltsreiche Lehmannsche Arbeit schließt mit den schon in der Einleitung z. T. erwähnten Betrachtungen über die den Reaktionen zugrunde liegenden Prozesse, für die er eine eventuelle Regulierung des Blutzuflusses zum Gehirn verantwortlich machen möchte. Der sich daran anschließende zweite Teil, der zu dem uns hier interessierenden Thema noch Ergogramme beibringt, die in Über-

einstimmung mit Féré nach lustbetonten Reizen eine Zu- und nach unlustbetonten eine Abnahme der Muskelkraft ergaben, enthält die wichtigen Ausführungen zur dynamischen Gefühlstheorie, auf welche wir bereits ausführlich eingegangen sind.

Die nächste Arbeit, die wir hier berücksichtigen wollen, ist diejenige von Zoneff und Meumann „Über die Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge in Atem und Puls" (Philosoph. Studien, 1901, Bd. XVIII, p. 1,). Meumann führt in den einleitenden Worten aus, daß er, um der Zugrundelegung irgend einer Gefühlstheorie aus dem Wege zu gehen, in den Untersuchungen nur von psychischen Erregungszuständen sprechen wolle. Im Gegensatz zu Lehmann wird in dieser Arbeit der Respirationskurve ein erhöhtes Interesse geschenkt und deshalb eine Registrierung der thorakalen und abdominalen Atmung durchgeführt, indem zwei Pneumographen, die an einem Bandapparat befestigt sind, zur Verwendung kommen, während der Puls mittels des Mareyschen Sphygmographen registriert wird. Die ersten Versuche beziehen sich auf die Einwirkung der Aufmerksamkeit auf Atem und Puls, wobei optische Reize, wie Punkte zählen, akustische Reize, wie Annähern der Taschenuhr ans Ohr und wieder Entfernen derselben, taktile Reize, z. B. Berührung mit den Freyschen Reizhaaren und endlich Rechenaufgaben verwendet werden. Die Ergebnisse, die einerseits in übersichtlichen Tabellen und vor allem auch in der Form schöner Kurven mitgeteilt werden, sind für diese ersten Versuche folgende: „Eine willkürliche Konzentration der Aufmerksamkeit bewirkt eine Verlangsamung des Pulses und eine Hemmung der Atmung und mehr in der thorakalen als der abdominalen Atmung" (S. 44) und „Schwankungen der Aufmerksamkeit sind von genau entsprechenden Schwankungen in den Atem- und Pulsveränderungen begleitet" (S. 51). Die Untersuchungen über Lust und Unlust, wobei wieder qualitativ verschiedene äußere Reize, namentlich aber auch Geschmacksreize herangezogen wurden, ergaben für die Lust: „Beschleunigung der Atmung mit Verflachung der thorakalen und

Vertiefung der abdominalen Atmung, der Puls ist verlangsamt; bei der Unlust dagegen ist die Atmung verlangsamt und vertieft, und zwar mehr thorakal als abdominal, der Puls ist beschleunigt. Es wird noch besonders der physiologische Antagonismus dieser beiden Gefühle und die Unmöglichkeit der Mischung beider physischen Zustände hervorgehoben. Da nur sphygmographische, nicht auch plethysmographische Kurven aufgenommen wurden, so erfahren wir in diesen Untersuchungen nichts über das Verhalten des Armvolumens. Die weiteren Untersuchungen ergeben das interessante und mit Lehmann übereinstimmende Resultat, „daß alle Atem- und Pulswirkungen der Gefühle durch eine wirkliche Ablenkung der Aufmerksamkeit mittelst eines neuen Reizes aufgehoben werden". Es ist dies dasselbe, was Lehmann unter dem Durchdringen eines Reizes bis zum Bewußtsein versteht. Von den weiteren Ergebnissen interessiert uns hier noch, „daß die durch geistige Ermüdung verursachte Unlust dieselben Veränderungen auf Atem und Puls ausübt, wie das einfach sinnliche Unlustgefühl und daß mit der Erholung ähnliche Erscheinungen in Atem und Puls auftreten wie bei Lust." Während die bei Lust und Unlust beobachteten Erscheinungen mit den Ergebnissen Lehmanns wohl übereinstimmen, besteht hinsichtlich der bei der willkürlichen Konzentration der Aufmerksamkeit gefundenen Veränderungen eine Differenz, indem Lehmann eine Pulsbeschleunigung, Meumann eine Verlangsamung des Pulses beobachtete.

An gleicher Stelle: Philosoph. Studien, Bd. XVIII, p. 127, sind die „Experimentellen Beiträge zur Gefühlslehre" von Max Brahn erschienen, zu deren Ergebnissen wir uns jetzt wenden. Brahn ist Anhänger der Wundtschen Gefühlseinteilung und sucht derselben eine physiologische Basis zu verschaffen. Auch er verwendet nur das Sphygmogramm und verwirft die plethysmographische Kurve, wie oben bereits hervorgehoben wurde. Bei der Untersuchung unterschwelliger Reize auf den Puls kommt er zu dem von den bisherigen Beobachtern abweichenden Resultat, daß unbemerkte Reize eine organische Wirkung hervor-

rufen. Hier ist hervorzuheben, daß aus physiologischen Versuchen zwar bekannt ist, daß auch geköpfte Tiere auf starke Hautreize wie Kneifen, mit einer Modifikation der Respiration reagieren und auch die Belichtung bei diesen Tieren eine Veränderung der Atmung auf rein reflektorischem Wege hervorzurufen vermag, nach Mentz haben aber Conty und Charpentier (Compt. rendu des séances de l'Akad. des sciences 1877, Bd. LXXXV, p. 161) im Tierexperiment nachgewiesen, daß die bei Sinnesreizen auftretenden Blutdruckänderungen nur bei intaktem Großhirn sich einstellen.

Die Spannungsgefühle gehen nach Brahn „mit normalem Blutdruck, schnellem Puls und Verstärkung der Dikrotie einher, während die Lösungsgefühle genau von den entgegengesetzten physiologischen Erscheinungen am Puls begleitet sind" (S. 179). Zur Erzielung dieser Gefühlsqualitäten wurden die Schläge eines Schallhammers, auf die die Versuchsperson zu achten hatte, verwendet. Die Untersuchung von Lust und Unlust ergab als Symptom der Lust hohen und langen, als Symptom der Unlust niedrigen und kurzen Puls. Die Gefühle der Erregung und Beruhigung, deren reine Darstellung unter 200 Kurven nur zweimal gelang, zeigen auch deutliche Pulssymptome: die Erregung geht mit hohem, die Beruhigung mit niedrigem Puls einher. Der Arbeit sind außer den ausführlich mitgeteilten Kurvenmessungen leider nur sehr wenige und kleine Kurvenstückchen beigegeben. Auf Grund seiner Befunde glaubt Brahn die Wundtsche Gefühlseinteilung stützen zu können. Wie schon oben und auch von anderer Seite hervorgehoben wurde, stehen seine Befunde über unterschwelliger Reize im schneidenden Gegensatz zu anderen Untersuchern und bedürfen entschieden einer Nachprüfung. Seine Ergebnisse, soweit sie die uns vor allem interessierenden Lust- und Unlustgefühle betreffen, entsprechen den von Lehmann, Mentz, Meumann und anderen erhobenen Befunden. In seinen „Plethysmographischen Studien am Menschen, Journal f. Psychologie u. Neurologie, 1902 Bd. I, p. 1, macht Brodmann auch Mitteilungen über Einwirkung von Sinnes-

reizen im Schlaf und konstatiert ebenso wie Mosso eine deutliche Einwirkung derselben da es sich nicht um Zustände von tiefem Schlaf handeln kann, so kann man aber aus diesen Befunden ebensowenig wie aus den Mossoschen einen Beweis für die Einwirkung unterschwelliger Reize entnehmen, wie dies später noch ausführlich erörtert werden muß.

Isenberg und Vogt haben in einer Arbeit: „Zur Kenntnis des Einflusses einiger psychischer Zustände auf die Atmung“ (Zeitschrift für Hypnot. 1902, Bd. X, p. 131) ausgedehnte Untersuchungen unter Verwendung künstlich reproduzierter Stimmungen angestellt. Sie nehmen eine sich mit der Wundtschen Einteilung nicht vollständig deckende Unterscheidung mehrerer Gefühlsqualitäten an, kommen aber bezüglich der Lust- und Unlustzustände zu dem uns hier interessierenden Resultat, daß dieselben antagonisch in ihren physiologischen Wirkungen auf die Atmung sind.

Endlich haben wir noch die schöne Arbeit von Gent „Volumpulskurven bei Gefühlen und Affekten“ (Philoph. Studien, 1903, Bd. XVIII, p. 715) zu erwähnen, deren Kurven der Lehmannschen ebenbürtig an die Seite gestellt werden können und auf die wir uns in unseren eigenen Untersuchungen ebenso wie auf die Lehmannschen vor allem stützen werden. Gent zieht, wie Lehmann, zu seinen Untersuchungen die plethysmographische Kurve dem Sphygmogramm vor und verwendet außerdem den Mareyschen Pneumographen; er hat ferner eine mit meinen Untersuchungen gleiche Länge der Kurve und fast dieselbe Umlaufsgeschwindigkeit benutzt, obwohl die Untersuchungen ganz unabhängig voneinander angestellt wurden. Gent ist Anhänger der Wundtschen Einteilung und geht dementsprechend bei der Anordnung seiner Untersuchungen vor. Zunächst werden die Veränderungen der Volumkurve unter dem Einfluß der Spannung untersucht, ein kurzdauernder Spannungszustand wurde durch die Aufforderung „Passen Sie einmal recht scharf auf“ oder leichte Berührung eines Körperteiles und durch zufällige Vorkommnisse, wie leise Geräusche etc. hervorgerufen. Das Ergebnis dieser Ver-

suche für den kurzdauernden Spannungszustand war eine kaum merkliche Veränderung der Atemkurve, höchstens eine minimale Abflachung derselben, ferner eine Volumsenkung mit nachfolgendem Anstieg, und als vornehmstes Charakteristikum sieht Gent die Pulsverlängerung an. Ein chronischer Spannungszustand ist durch niedriges Niveau der Volumkurve, Pulsverlängerung und Pulserniedrigung charakterisiert. Zur Erzielung des Lösungsgefühls bediente sich Gent der Rechenaufgaben, nachdem Versuche mit Schlägen des Metronoms zu keinem brauchbaren Resultate geführt hatten. Das Lösungsgefühl ist mit einer leichten Vertiefung der Atmung, Zunahme des Amvolumens und Pulsverkürzung verbunden, namentlich das letztere scheint nach Gent das sicherste Symptom für die Diagnose eines Lösungsgefühls zu sein. Zur Untersuchung der Volumkurve unter dem vereinten Einflusse der Gefühle der Spannung und Tätigkeit wurde das Zählen einer Anzahl durcheinander gezeichneter Punkte etc. verwendet. Da das Bewußtwerden eines Reizes stets mit einem kurzdauernden Spannungsgefühl einhergeht, so ist die Untersuchung der anderen Gefühlsqualitäten hierdurch wesentlich erschwert und Gent sieht sich daher genötigt, die Volumkurve unter dem vereinten Einflusse des Unlust-, Spannungs- und Erregungsgefühls zu untersuchen; er verwendet zur Erzielung des ganzen Symptomenkomplexes kräftige Hautreize, während er vor der Verwendung von Geschmacksreizen wegen der gleichzeitigen Alteration der Atmung warnt, und auch von Kältereizen abrät. „Die Volumkurve sinkt beim ausgesprochenen Unlustgefühl immer sehr stark unter das normale Niveau herab, wobei die Pulshöhen enorm reduziert werden können.“ Die Volumkurve unter dem vereinten Einfluß des Lust- und Spannungsgefühls wird nach Gent am besten unter der Einwirkung von Geruchsreizen studiert. Das Gefühl der Lust zeigt immer eine Zunahme des Armvolumens mit Steigerung der Pulshöhe, dabei kann der Puls sowohl verlängert als verkürzt sein. / Die Gefühle der Erregung und Beruhigung erzielte Gent durch die Suggestion des Anstiegs und

Abfalls des Armvolumens; die Erregung soll mit einer Zunahme des Armvolumens, Erhöhung und Verkürzung der Einzelpulse, die Beruhigung mit den entgegengesetzten Veränderungen verbunden sein. Ich muß gestehen, daß ich diese über die Gefühle der Erregung und Beruhigung von dem Experimentator gemachten Ausführungen und Versuche für den schwächsten Teil der sonst so gediegenen Arbeit halte und glaube, daß sie vor allem der Nachprüfung bedürfen. Gent untersucht auch die Einwirkung von Affekten auf Puls und Atmung, indem er sich der Methode der Reproduktion von solchen durch Erinnerung an den Vorstellungsverlauf früher durchlebter Affektzustände bedient. Bei excitierenden Affekten, worunter Gent solche versteht, deren dominierendes Elementargefühl das Gefühl der Erregung ausmacht und zu denen er unter anderen Erbitterung und Zorn rechnet, findet er eine unregelmäßige Atmung, Schwankungen des Armvolumens und deutliche Pulsverkürzung. Lustvolle Affekte gehen mit einer frequenteren, oberflächlicheren Atmung, Schwankungen des Armvolumens ohne die sonst regelmäßige Verminderung der Pulshöhe bei den Senkungen derselben und mit Verkürzung des Pulses einher. Der deprimierende Unlustaffekt zeigt keine merkbare Veränderung der Atmung, aber Senkung des Armvolumens und Abnahme des Pulshöhe, wobei die Pulse verlängert sind; im excitierenden Unlustaffekt fand Gent flachere und langsamere Atmung, Senkung des Armvolumens unter Verminderung der Pulshöhe und Pulsverkürzung. Schöne Kurventafeln erläutern die Ergebnisse dieser Untersuchungen.

Auf Grund der vorliegenden Arbeiten faßt Wundt in seiner physiolog. Psychologie, 1902, Bd. II, p. 291 ff. die objektiven Gefühlssymptome für die einzelnen Gefühlsqualitäten folgendermaßen zusammen:

Das Spannungsgefühl geht mit:
- flacher Respiration,
- Sinken des Armvolumens,
- Abnahme der Pulshöhe und
- Pulsverlängerung einher.

Das Lösungsgefühl zeigt
vertiefte Respiration,
Zunahme des Armvolumens,
Zunahme der Pulshöhe und
Pulsverkürzung.

Das Gefühl der Erregung zeigt
eine normale Respiration,
Zunahme des Armvolumens,
Zunahme des Pulshöhe,
Gleichbleiben der Pulslänge.

Das Gefühl der Beruhigung ist von
gehemmter Respiration,
Abnahme des Armvolumens,
Abnahme der Pulshöhe und
vielleicht von Pulsverkürzung begleitet.

Das Gefühl der Lust geht mit
flacher Respiration,
Zunahme des Armvolumens,
Zunahme der Pulshöhe und
Pulsverlängerung,

Das Gefühl der Unlust mit
vertiefter Respiration,
Abnahme des Armvolumens,
Abnahme der Pulshöhe und
Pulsverkürzung einher.

Obwohl wir in den folgenden Untersuchungen die alte Lust- Unlusttheorie zugrunde legen wollen, so haben wir es doch für notwendig gehalten, die objektiven vasomotorischen und respiratorischen Symptome aller von Wundt unterschiedener Gefühlsqualitäten hier aufzuführen, da wir auch z. B. den Spannungs- und Lösungsgefühlssymptomen wiederholt begegnen werden, ohne sie jedoch als die Zeichen einer besonderen Gefühlsqualität auffassen zu können. Wir glauben nunmehr zur Mitteilung unserer eigenen Versuche schreiten zu können.

V. Die Versuchsperson.

Der Fabrikarbeiter A. Str. aus R., 23 Jahre alt, suchte im November 1902 die chirurgische Universitätsklinik auf und wurde von dort am 27. November 1902 mir von den Kollegen zugeschickt, da man wußte, daß ich mit Untersuchungen über die Zirkulationsverhältnisse in der Schädelhöhle beschäftigt sei.

Str. stammt aus gesunder Familie, jedoch leidet seine Mutter an Migräne. Seine Entwicklung in der Jugend war eine gute, er hat die Volksschule in seiner Heimatsstadt mit gutem Erfolg besucht, das Lernen fiel ihm leicht. Nach der Schulzeit lernte er das Klempnerhandwerk.

Im Alter von 15 Jahren erhielt er von einem Kameraden durch einen versehentlich sich entladenden Revolver einen Schuß in den Kopf. Die Kugel war über dem rechten Auge eingedrungen. Str. lag mehrere Tage bewußtlos und bot eine linksseitige Hemiplegie dar, die allmählich zurückging, aber eine deutliche Hemiparese hinterließ. Ein halbes Jahr nach dem Unfall nahm er seine Arbeit wieder auf und ging nun in eine Fabrik, arbeitete dann in Berlin in einer Drogerie.

Zeitweise auftretende, heftige, in dem Hinterkopf lokalisierte, rechtsseitige Kopfschmerzen veranlaßten ihn, im November 1897 zum erstenmal die chirurgische Klinik in Jena aufzusuchen, da er die Kugel aus dem Schädel entfernt haben wollte.

Obwohl die Lage der Kugel auf den Radiogrammen sehr genau festgestellt werden konnte, fand sich dieselbe bei der Operation am 29. November nicht. Ein großes halbkreisförmiges Knochenstück wurde aus dem rechten Parietale entfernt, die Gehirnhäute und die Oberfläche der bloßgelegten Rindenteile boten ein vollständig normales Aussehen dar und der Heilungsverlauf war ein rascher.

Er arbeitete nach seiner Genesung wieder in der Fabrik und hatte außer den zeitweilig auftretenden Kopfschmerzen und der leichten linksseitigen Hemiparese keine Beschwerden, vor allem traten nie Schwindelanfälle auf. Seine geistigen Fähigkeiten waren normale und er galt als intelligenter Arbeiter und ging mit dem Plane um, sich um eine Kontorstelle zu bewerben.

Am 6. Oktober 1902 trat, nachdem er einige Zeit vorher schon ein- bis zweimal Summen vor dem rechten Ohre und Flimmern vor beiden Augen wahrgenommen hatte, am Morgen beim Kaffeetrinken plötzlich ein schwerer epileptischer Anfall auf. Derselbe ging mit Zungenbiß und Einnässen einher und war mit lebhaften klonischen Zuckungen verbunden. Der Anfall soll $^1/_2$—1 Stunde gedauert haben; nach dem Anfall fühlte sich Str. schwer krank und blieb einige Tage zu Bett liegen. In den nächsten Tagen trat wiederholt Summen vor dem rechten Ohre und gleichzeitig plötzlich immer rascher und rascher werdendes von rechts nach links, entgegengesetzt dem Zeiger der Uhr, gerichtetes Drehen aller ihn umgebenden Gegenstände auf, ohne daß es jedoch zum Bewußtseinsverlust und dem so sehr gefürchteten Anfall nochmals gekommen wäre.

Er nahm dann seine Arbeit wieder auf, jedoch schon acht Tage nach dem ersten zeigte sich ein zweiter Anfall, der ebenfalls mit Zungenbiß einherging, dessen Nachwirkungen jedoch nach wenigen Stunden geschwunden waren. Von nun an folgten in regelmäßigen Intervallen von acht Tagen je ein Anfall, die allmählich leichter wurden und keine Aura darboten.

Im November 1902 suchte er daher die chirurgische Klinik auf, um sich eventuell einer erneuten Operation zu unterwerfen und von seinen Anfällen befreit zu werden. Str. ist von kräftigem Körperbau; die inneren Organe bieten einen normalen Befund dar. Die Untersuchung des Nervensystems ergibt folgendes:

Ankonaeusphänomen: $l > r$.

Kniephänomen: $l > r$.

Kein Patellarklonus.

Achillesphänomen: $l > r$.

Kein Dorsalklonus.

Plantarreflex: $r > l$.

Babinskisches Phänomen nicht nachweisbar.

Berührungsempfindlichkeit: intakt; Lokalisation prompt und genau.

Schmerzempfindlichkeit: ohne gröbere Störungen.

Armbewegungen: r viel $> l$, aber beiderseits gut koordiniert. Der Umfang des linken Ober- und Unterarmes bleibt, an symmetrischen Stellen gemessen, um je 5 cm hinter demjenigen des rechten Ober- und Unterarmes zurück.

Es besteht eine leichte Kontraktur des linken Armes, die jedoch aktiv leicht überwunden werden kann und die Ausführungen aller Bewegungen ermöglicht.

Händedruck: dynamometrisch $r = 150$ kg, $l = 65$ kg.

Beinbewegungen: r viel $> l$, aber beiderseits gut koordiniert. Der Umfang des linken Ober- und Unterschenkels bleibt um 2 cm resp. 4,5 cm hinter demjenigen des rechtsseitigen Ober- und Unterschenkels zurück. Eine stärker als am Arme entwickelte Kontraktur beschränkt die Bewegungsfähigkeit der leicht paretischen Extremität in geringem Grade. Beim Gang tritt die spastische Parese des linken Beines deutlich hervor, jedoch kann er ohne Stock überall gut gehen.

Augenbewegungen: frei, ruhig. Es besteht ein leichter Strabismus.

Pupillen: mittelweit, gleich, rund. Die Lichtreaktion ist rechts weniger ausgiebig als links, jedoch beiderseits prompt.

Die Konvergenzreaktion ist normal.

Mundfacialis: leichte, linksseitige Kontraktur.

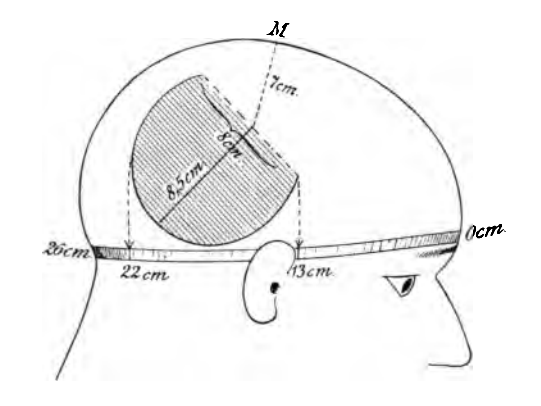
Zunge: gerade vorgestreckt.

Geschmack:
Geruch:
Gehör: } ohne Störungen.

Gesichtsfeld: intakt.

Str. gibt rasch auf alle Fragen Antwort und zeigt bei genaueren Prüfungen eine gute intellektuelle Entwicklung. In seinen Kenntnissen steht er über dem Durchschnitt der Fabrikarbeiter. Er hat ein gesundes, ein Vierteljahr altes Kind.

Am Schädel findet sich über den seitlichen Teilen des rechten Os parietale eine halbkreisförmige lineare Narbe, deren Lage aus nebenstehender Skizze ersichtlich ist. Die Narbe rührt von der Operation im Jahre 1897 her, während von der Einschußöffnung im Dach der rechten Orbita nichts mehr zu sehen ist. Dem auf der nebenstehenden Skizze schattierten Bezirke entsprechend, dessen Basis 8 cm und dessen Höhe 8,5 cm beträgt, fehlt der Knochen und fühlt man direkt unter der Haut einen scharfen Knochenrand. Eine Projektion des Knochendefekts auf eine horizontal durch Glabella und Protuberantia occipitalis externa gelegtes Bandmaß trifft dasselbe, wenn der Nullpunkt auf die Mitte der Glabella zu liegen kommt, bei 13 und 22 cm. Der Punkt M der Skizze entspricht der Mitte zwischen Glabella und



Protuberantia occipitalis externa. Im Bereich des Defektes bestehen deutliche Pulsationen und der ganze Bezirk wölbt sich bei Hustenstößen stark vor.

Radiogramme ergeben ein vollständiges Fehlen des Knochens im ganzen schattierten Bezirke und ließen die Revolverkugel in der Tiefe des Gehirns deutlich erkennen.

Die im Nervensystem nachweisbaren objektiven Veränderungen sind offenbar auf Zertrümmerungen von Fasern der Capsula interna, welche die Kugel auf ihrem Wege von der Orbita nach dem Occipitallappen passiert haben muß, zurückzuführen.

Die im Bereiche des Knochendefekts zutage liegenden Teile des Großhirns entsprechen nach Frorieps Tafeln (Die Lagebeziehungen zwischen Großhirn und Schädeldecke, Leipzig, 1897) den hintersten Teilen des Gyrus centralis posterior, des Gyrus supramarginalis und des Gyrus angularis, Gebiete, über deren physiologische Bedeutung in der rechten Hemisphäre nichts bekannt ist. Diese Rindengebiete werden nach Dejerine (Anatomie des centres nerveux, Tome II, 1899, p. 99, Fig. 65) von der Arteria parietalis ascendens, der Arteria parietalis inferior, und der Arteria gyri angularis versorgt, die sämtlich Endäste der Arteria fossae Sylvii, und zwar ihres dritten Hauptastes sind (Monakow, Gehirnpathol., p. 673, Fig. 154). Andere Hauptäste dieser Arterien versorgen bekanntlich einen Teil der konvexen Fläche des Stirnhirns und die motorische Region.

VI. Die Instrumente und die Anordnung der Versuche.

Das Kymographion. Als Kymographion wurde ein von Zimmermann in Leipzig neukonstruiertes Instrument benutzt. Dasselbe hat 180 mm hohe Trommeln und gestattet durch das Anschrauben einer zweiten kleineren, auf einem Metallstab befestigten Trommel die Verwendung einer Heringschen Schleife, so daß ohne Papierwechsel Kurven von 250 cm Länge geschrieben werden können. Der Gang ist faßt geräuschlos und, wie wiederholt Messungen bei den verschiedensten Geschwindigkeiten ergeben haben, ein außerordentlich gleichmäßiger. Durch Verstellen der Räder kann die Ganggeschwindigkeit in weitesten Grenzen variiert werden. Für meine Untersuchung kam eine mittlere Geschwindigkeit in Betracht, bei der die einzelnen Pulse nicht zu nahe aneinandergedrängt werden und die Details der Wellen noch erkennen lassen, andrerseits auch nicht zu sehr in die Länge gezogen werden, da dadurch die einzelnen Versuche an Übersichtlichkeit verloren hätten. Die Ganggeschwindigkeit des Kymographions, bei der alle Kurven mit Ausnahme einiger weniger und der während des Schlafs geschriebenen aufgenommen wurden, beträgt:

In 10 Sekunden zogen 95,0 mm Schreibfläche vorüber, also:

in 1 Sekunde 9,5 mm, oder

1 mm auf den Kurven entspricht 0,106 Sekunden.

Bei der in der Nacht aufgenommenen Kurve handelte es sich darum, alle Störungen durch Papierwechsel etc. zu vermeiden und andrerseits möglichst lange fortlaufend zu schreiben. Da aus den zahlreichen vorhergehenden Versuchen die Details der Pulswelle etc. zur Genüge bekannt waren, so wurden auf Kosten der Form die einzelnen Pulswellen gedrängter geschrieben und so eine übersichtliche und sich auf relativ große Zeiträume erstreckende, fortlaufende Kurve erhalten. Die Ganggeschwindigkeit für die während des Schlafes aufgenommenen Kurven (35, 36 und 37) ist folgende:

In 10 Sekunden zogen 8,4 mm Schreibfläche vorüber, also:
in 1 Sekunde 0,84 mm oder
1 mm auf dieser Kurve entspricht 1,20 Sekunden.

Andere Ganggeschwindigkeiten wurden nur ausnahmsweise angewendet. Lehmann hat seine Kurven mit einer Geschwindigkeit von 6,03 mm pro Sekunde, Gent mit einer solchen von 12,5 mm pro Sekunde geschrieben. Die Mehrzahl meiner Kurven zeigt also ungefähr die mittlere Geschwindigkeit zwischen denjenigen der beiden Forscher, deren Kurven als recht übersichtliche bezeichnet werden müssen. Lehmann hat nur 50 cm lange Kurven verwendet, während ich ebenso wie Gent unter ständiger Benutzung der Heringschen Schleife Kurven von 250 cm Länge fortlaufend schreiben konnte, was ich als besonderen Vorteil ansehe.

Der Pneumograph. Während ich mich bei früheren Versuchen zur Registrierung der Atmung fast ausschließlich der Mareyschen Pneumographen bedient hatte, verwendete ich zu diesen Untersuchungen einen nach Lehmanns Angaben konstruierten Kissenpneumographen. Derselbe war genau in den von Lehmann angegebenen Größenverhältnissen angefertigt und hat sich gut bewährt. Da es sich nur um eine, und zwar männliche Versuchsperson handelte, so wurde der Pneumograph immer in der gleichen Weise auf die sogenannte Herzgrube appliziert und dort durch den Hosenbund festgehalten. So wurde eine ausreichend genaue Registrierung der abdominalen Atmung

erzielt. Die feineren Einzelheiten der Respiration, wie sie Zoneff und Meumann durch die Applikation zweier Mareyscher Pneumographen zur gleichzeitigen Registrierung der thorakalen und abdominalen Atmung studierten, gingen mir natürlich durch dieses vereinfachte, an Lehmann sich anlehnende Verfahren verloren, ich wollte aber den an sich schon durch die gleichzeitige Registrierung des Gehirn- und Armolumens sehr komplizierten Apparat durch die Einführung noch weiterer der Überwachung bedürftiger Schreibhebel nicht noch schwerfälliger und auch für die Versuchsperson ungemütlicher machen. Der Lehmannsche Kissenpneumograph macht keinerlei Beschwerden und wurde von der Versuchsperson nicht unangenehm wahrgenommen.

Der Plethysmograph. Auch bezüglich der Plethysmographen schloß ich mich ganz an Lehmann an, während ich bei früheren Arbeiten Mossos Instrument verwendet und mit Undichtigkeiten der Gummimanschette zu kämpfen gehabt hatte. Da es sich für mich nur um eine Versuchsperson handelt, so ist nur eine Größe der Blechröhre in Betracht gekommen, und zwar habe ich einen Blechzylinder von 32 cm Länge und einem Umfang von 31 cm (Lehmanns Nr. 2) verwendet. In allen Einzelheiten bin ich genau den Angaben Lehmanns gefolgt und habe nur insofern eine Abänderung angebracht, als ich das nach der Wasserstandsflasche führende Ansatzstück an dem Blechzylinder mit einem Metallrohr versah. Es konnte so ein starrer Abschluß gegen die Wasserstandsflasche erzielt werden, während das Abklemmen des Gummischlauches, der die Wasserstandsflasche mit dem Plethysmographen verbindet, einen weiteren elastischen Abschluß, der sich bei starker Druckzunahme eventuell ausdehnen und so einen Teil der tatsächlichen Volumenszunahme unsichtbar machen kann, zu schaffen pflegt. Jedoch möchte ich dieser kleinen Änderung irgend welche Bedeutung nicht beilegen, da bei den durchschnittlichen Druckhöhen die Elastizität des Schlauches kaum in Frage kommt. Das Steigrohr des Plethysmographen wurde bei allen Versuchen bis zu einer Höhe von 10 cm mit Wasser ge-

füllt, da nach Lehmann sich die Anwendung dieses Druckes am meisten empfiehlt. Die über dem Wasserspiegel stehende Luftsäule hatte eine Höhe von 17 cm. Bei allen Versuchen wurden die gleichen Verhältnisse eingehalten, obwohl es bei meinen Untersuchungen, wie sich später zeigen wird, von einer Ausnahme abgesehen, nicht darauf ankam, die Kurven verschiedener Tage, sondern nur die Pulse des einzelnen Versuches untereinander zu vergleichen. Die von Müller gemachten Angaben, der einen Wasserstand von 18 cm und einen Luftraum von 7 cm Höhe im Wasserstandsrohre für das Zweckmäßigste auf Grund seiner experimentellen Prüfungen hält, sind mir erst nach Anstellung meiner Versuche zu Gesicht gekommen. Ich habe mich auf die Angaben Lehmanns bei meinen Untersuchungen gestützt. Der Lehmannsche Plethysmograph besitzt ganz bedeutende Vorzüge gegenüber dem Mossoschen und seine Applikation ist, ganz abgesehen von der größeren Leichtigkeit, mit der dieselbe erfolgen kann, auch für die Versuchsperson selbst viel angenehmer, was für psychologische Versuche recht wohl in Betracht zu ziehen ist. Ich habe bei den zahlreichen Anwendungen des Apparates nie einen Mißerfolg gesehen, während mir früher oft sehr wertvolle Kurven durch Undichtwerden der Gummimanschette des Mossoschen Apparates verloren gingen und dieselben Versuche wiederholt werden mußten.

Registrierung des Gehirnvolumens. Ebenso wie in früheren Versuchen wurde nach dem Verfahren von Mosso eine Guttaperchakappe für den Schädeldefekt angefertigt. Der Zufall fügte es sogar, daß eine noch von früheren Versuchen vorhandene Kappe nach kleinen Abänderungen für den Defekt paßte. Die Versuchsperson wurde sorgfältig rasiert, die Kappe leicht erwärmt und so auf den Rändern des Defekts angeklebt. Gegenüber früheren Versuchen zog ich es vor, die Kappe noch durch einige Bindentouren um den Schädel zu befestigen. In die Kappe war ein rechtwinkliges Glasrohr eingekittet, das den nach dem Schreibapparat führenden Schlauch trug. Durch Ansaugen an

dem Schlauch konnte ich mich nach Aufsetzen der erwärmten Kappe auf die Kopfhaut stets mit Leichtigkeit überzeugen, ob sie wirklich — wie es Voraussetzung für jeden Versuch ist — luftdicht auf den Knochenrändern aufsaß. Indem die Guttaperchakappe etwas stärker gewölbt gewählt wurde, blieb noch ein genügender Luftraum zwischen der Oberfläche des Defekts und der Innenfläche der Kappe, so daß es nie, auch bei starker Zunahme der intrakraniellen Blutmenge und dadurch bedingtem stärkeren Verwölben des Gehirns, zu einem Verlegen der Ausführungsöffnung des abführenden Glasrohres gekommen wäre, wie ich es in früheren Versuchen wiederholt gesehen hatte. Nach den Versuchen wurden die Bindentouren um den Schädel entfernt und die Kappe durch Aufgießen von Äther abgelöst. Die Entfernung der Kappe und namentlich der Guttaperchareste war immer etwas schmerzhaft, während die Kappe an sich der Versuchsperson keinerlei Beschwerden verursachte.

Reizschreibung. Ein von Zimmermann in Leipzig bezogener Doppelmarkiermagnet in Verbindung mit einem einfachen Reaktionstaster diente zur Vermerkung der Reize. Zur gelegentlichen Verwendung für die Zeitschreibung, namentlich zur Kontrolle des gleichmäßigen Ganges des Kymographions, kam ein gleichfalls von Zimmermann bezogenes Metronom mit Quecksilberkontakten, das Zeitintervalle von $^1/_4$" bis 3" zu notieren ermöglichte, zur Verwendung.

Mareys Tambours. Nachdem ich vergeblich versucht hatte, mit dem Pistonrecorder für die Volumenschreibung des Armes und Gehirns geeignete Kurven zu erhalten, ging ich, um nicht mit Abänderungen der Apparate Zeit zu verlieren, wieder zur Verwendung Mareyscher Tambours über. Die verwendeten Tambours waren von dem Mechaniker Pezold in Leipzig bezogen; statt der den Apparaten beigegebenen Aluminiumschreibhebel verwendete ich selbstgefertigte Strohhalmhebel mit einer Federpose als Schreibspitze. Die Hebellänge betrug für den Tambour zur Registrierung des Arm- und Gehirnvolumens je 250 mm,

während die Atmung mit einem Aluminiumhebel von 120 mm geschrieben wurde. Die Tambours hatten vor Beginn der Versuche neue Membranen erhalten, Änderungen wurden an ihnen während der Versuche nicht vorgenommen. Die Schreibkapseln waren durch gelben Schlauch mit einer Wandstärke von 1,5 mm mit den Aufnahmeapparaten verbunden. Die Schlauchlänge der Guttaperchakappe auf dem Schädeldefekt betrug 100 cm, gleich lang war der den Plethysmograph mit der Schreibkapsel verbindende Schlauch, die Länge des Schlauches vom Pneumograph bis zum Tambour betrug 150 cm.

Abweichend von früheren Versuchen und auch von der Anordnung Lehmanns kamen Müllersche Ventile nicht zur Verwendung, dagegen wurden in die drei Schläuche an geeigneter Stelle Mareysche Klarinetten, die bei rascher Druckzunahme eine sofortige Entlastung der Tambourmembranen gestatten, angebracht. Die Schreibkapseln wurden auf einem Stativ befestigt, das eine Mikrometereinstellung gestattete.

Anordnung der Versuche. Die Versuche selbst wurden in dem im Erdgeschoß der psychiatrischen Klinik gelegenen experimentellen Laboratorium vorgenommen. Sie wurden ausgeführt, nachdem die Versuchsperson mehrere Tage anfallsfrei gewesen war und ein gutes Wohlbefinden darbot, nur einmal wurden Kurven während bestehenden Zahnschmerzes aufgenommen. Das Zimmer war mäßig erhellt; die Versuchsperson lag mit dem Rücken nach dem Fenster gerichtet auf einem bequemen Liegestuhl, die Beine befanden sich in nicht ganz horizontaler Lage, der Kopf lag etwas nach links geneigt. Während der Versuche selbst hatte die Versuchsperson meist die Augen geschlossen; waren optische Reize erforderlich, so wurden dieselben an einer der Versuchsperson gegenüber befindlichen Schranktür angebracht, die die Versuchsperson beim Öffnen der Augen bequem überschauen konnte. Die Versuche wurden vorher sorgfältig vorbereitet, es wurde das Kymographion aufgezogen, mit geschwärztem Papier versehen, die Schreibhebel wurden vorher ein-

gestellt, so daß nur eine kleine Drehung der Mikrometerschraube nötig war, um sie an die Schreibfläche anzudrücken. Die Wasserstandsflasche war mit etwas erwärmtem Wasser angefüllt und dem helfenden Assistenten waren schriftliche Anweisungen über die vorher mit ihm besprochenen Versuche übergeben worden. Auf einem Tisch hinter dem Kopfende der auf dem Liegestuhl sich befindenden Versuchsperson standen alle für die Versuche erforderlichen Reagentien etc. in zweckmäßiger Anordnung bereit. Nun erst kam die Versuchsperson in das Laboratorium, es wurde ihr zunächst die Guttaperchakappe appliziert und mit Bindentouren befestigt, dann wurde der rechte Arm in den Plethysmographen eingeführt und dort festgelegt, endlich wurde der Kissenpneumatograph in den Hosenbund geschoben. Eine kleine Bewegung der Mikrometerschraube genügte, um die Schreibhebel mit der Schreibfläche in Berührung zu bringen und der Versuch konnte beginnen. Zunächst wurde immer eine Normalstrecke geschrieben. Während der Versuche befand sich außer dem Experimentator stets nur noch die assistierende Person im Laboratorium.

Ich selbst überwachte die Schreibhebel, die so angebracht waren, daß sie von der Versuchsperson aus nicht gesehen werden konnten, während ich recht wohl die liegende Versuchsperson überschauen konnte. Der Taster zur Reizmarkierung konnte von meinem Standpunkt aus gleichfalls mit Leichtigkeit in Tätigkeit gesetzt werden. War eine längere Normalstrecke gut geschrieben und waren etwa nötige Korrekturen in der Hebelstellung angebracht, so gab ich durch Handerheben etc. dem hinter dem Kopf der Versuchsperson stehenden Assistenten ein Zeichen, daß nunmehr mit den auf dem ausgearbeiteten Programm angegebenen Versuchen begonnen werden könne. So war eine stumme Verständigung sehr wohl möglich. Ich selbst machte mir Notizen über die Kurven und befragte vor allem nach dem jeweiligen Versuch die Versuchsperson über ihre psychischen Vorgänge und habe zu meinem Erstaunen bessere Auskunft erhalten als ich erwartet hatte. Um Ermüdung zu vermeiden, wurde die

einzelne Sitzung nicht über $^1/_2$—$^3/_4$ Stunde ausgedehnt, obwohl die Versuchsperson, die selbst Vergnügen an den Versuchen zu finden schien, bisweilen ihre Fortsetzung wünschte. Die Kurven wurden nach dem Versuche abgeschnitten und mit weißem Schelllack fixiert. Natürlich wurden die ersten Sitzungen dazu verwendet, um die allgemeinen physiologischen Verhältnisse der Gehirnzirkulation, ihre Abhängigkeit von der Atmung, von den Körperstellungen, von der Kompression großer Arterien etc. zu studieren, wie ich das bereits früher bei einer anderen Versuchsperson getan, und über deren weitere Ergebnisse ich hier nicht berichten will; ich verweise auf meine frühere Mitteilung. Derselbe Versuch wurde nicht öfter als zweimal und zwar an verschiedenen Versuchstagen angestellt; der Assistent applizierte die verschiedenen Reize, während ich gleichzeitig mit dem Reizmarkierer dieselben auf der Kurve vermerkte.

VII. Die Bearbeitung des Materials.

Auch ganz in Anlehnung an Lehmann habe ich die bei den Versuchen erhaltenen Kurven bearbeitet. Es ist schon erwähnt, daß die $2^1/_2$ m langen Kurven, die je einer Sitzung entsprechen, fixiert und unzerschnitten aufgehoben wurden. Bei der Verarbeitung diente die vom Reizmarkierer gezogene Linie als Nulllinie, quantitative Bestimmungen der Volumschwankungen wurden anfänglich beabsichtigt, waren aber durch das Versagen der Pistonrecorder vereitelt worden. Später wurde zur bequemeren Übersicht über die Volumveränderungen in jede Kurve zwei Parallelen zur Nulllinie, und zwar in möglichster Annäherung an die Kurven des Arm- und Gehirnvolumens gezogen und auf sie auch die Reizmarkierung übertragen. Diese Parallelen stellen also nur der Bequemlichkeit und Übersichtlichkeit wegen eingezeichnete willkürliche Nulllinien dar. Die Hebel waren nicht immer genau gleich hoch eingestellt, und dies bedingt Differenzen in der gegenseitigen Lage synchroner Punkte der Respirations-, Arm- und Gehirnkurve; am Ende jeder Sitzung wurde der gegenseitige Stand der Hebel auf der Kurve so vermerkt, daß ich die drei Leitungsschläuche, die zu den Mareyschen Tambours führten, nach Entfernung von den Aufnahmeapparaten auf dem Experimentiertisch nebeneinanderlegte und mit einem Holzstab einen Schlag, der gleichzeitig alle drei Schläuche traf, ausführte. Aus den so erhaltenen Marken wurde das gegenseitige zeitliche Verhalten der Kurven festgestellt; die bei der weiteren Bearbeitung

notwendig werdende Anbringung von Buchstaben wurde nach dem Prinzip durchgeführt, daß zeitlich zusammenfallende Punkte in allen drei Kurven mit demselben Buchstaben markiert wurden, was die Übersichtlichkeit sehr erleichtert und die durch das nicht genaue Senkrechtübereinanderstehen der Hebel bedingten Unbequemlichkeiten bei der Untersuchung ausgleicht. Von einer nachträglichen Korrektur, wie sie Lehmann angebracht hat, habe ich abgesehen. Alle Kurven sind so geschrieben, daß oben die Respirationskurve, in der Mitte die plethysmographische Kurve des Armes und unten das Gehirnvolumen verzeichnet wurde; bei der Gleichförmigkeit dieser in allen Experimenten durchgeführten Anordnung habe ich von besonderen Bezeichnungen absehen zu können geglaubt, zumal da niemand bei einiger Kenntnis eine Hirnkurve mit der des Armvolumens verwechseln wird. Die Kurven selbst sind von links nach rechts, also wie Geschriebenes zu lesen; ich bemerke dies besonders, da ich in meinen früheren Untersuchungen nur ein sehr mangelhaftes Kymographion zur Verfügung hatte, das nur gestattete, in entgegengesetzter Richtung zu schreiben. Die Schwankungen des Volumens sind aus den Kurven sofort, namentlich nach der Eintragung der willkürlichen Nulllinien zu entnehmen; die Pulshöhen des Arm- und Gehirnvolumens habe ich mit dem Zirkel gemessen und die Größe der gefundenen Strecken auf einem mit einem Nonius versehenen Millimetermaßstab, der zum Kreuztisch des Zeißschen Mikroskops gehört, abgelesen. Die Pulslängen wurden in der von Lehmann angegebenen Weise unter Gruppenbildung und Berechnung der Durchschnittslängen derselben bestimmt. Dabei wird die Länge der Gruppen durch entschiedene Volumsänderungen bestimmt, wie man sie aus den Kurven selbst am besten ersehen wird. Die Pulszahl einer zu einer Gruppe zusammengefaßten und durch Marken und Buchstaben bezeichneten Strecke wurde abgezählt und die Gesamtlänge der Strecke wurde nicht mit dem Zirkel, sondern mittelst eines in Millimeter geteilten, weiß eingelassenen und mit sehr langen Querstrichen versehenen

Maßstabs, der nach meinen Angaben in der Zeißschen Werkstätte angefertigt war, ausgemessen; eine Division ergab dann die Durchschnittslänge. Die Gruppenteilung wurde stets an der Armkurve vorgenommen und von ihr auf die Gehirn- und ev. auf die Respirationskurve übertragen, auch alle Gruppenmessungen und Bestimmungen von Pulslängen wurden fast ausschließlich an der Armvolumkurve vorgenommen und nur ausnahmsweise die Gehirnkurve zur Aushilfe für diese Bestimmungen herangezogen, letzteres wurde jedoch immer besonders im Text vermerkt. Die obenerwähnten, am Schlusse der Sitzungen aufgenommenen synchronen Marken gestatteten auch die Bogenkoordinate für die Kurven zu bestimmen, doch nur äußerst selten war ihre Berücksichtigung notwendig, während von der Berücksichtigung der durch die Zylinderfläche bedingten Abweichung der Kurven bei der Länge der verwandten Hebel ganz abgesehen wurde. Die fixierten Kurven, zu deren Bearbeitung ich leider erst lange Zeit nach ihrer Aufnahme kam, wurden dann zunächst an der Hand der Notizen noch in den $2\,^1/_2$ m langen Stücken überarbeitet, d. h. die synchronen Marken eingetragen etc., dann wurden sie in 80—100 cm lange Stücke geschnitten und auf starke Pappe aufgetragen und so sehr bequem weiter verarbeitet. Natürlich mußte mancher Versuch wegen technischen Fehlern ausgeschaltet werden, ebenso wurden auch solche ausgeschaltet, in denen die Mareysche Klarinette zu Hilfe gezogen worden war; auch an den dann übrig bleibenden Kurven wurden nur die charakteristischsten reproduziert, allerdings in natürlicher Größe, was erhebliche Schwierigkeiten verursachte. Die Kurven sind jetzt so numeriert, wie es für unsere jetzigen Betrachtungen am zweckmäßigsten erschien und lassen nicht die Reihenfolge der Versuche erkennen. Aus äußeren Gründen konnte die Zusammenstellung der Kurven auf den Tafeln des beigegebenen Atlas nicht in der den Nummern entsprechenden Reihenfolge stattfinden.

VIII. Eigene Untersuchungen.

1. Normalzustand.

Die Atmungskurven sind so geschrieben, daß der aufsteigende Schenkel dem Exspirium, der absteigende dagegen dem Inspirium entspricht. Jede willkürliche Richtung der Aufmerksamkeit der Versuchsperson ist, wie aus der täglichen Erfahrung zur Genüge bekannt, imstande, den Typus der Atmung zu verändern und meine Versuchsperson ließ ich deshalb überhaupt darüber ganz im Unklaren, daß die Atmung registriert werde und sie wußte nicht, welchem speziellen Zweck der im Hosenbund befestigte Lehmannsche Kissenpneumograph dienen sollte.

Die plethysmographische Kurve des Armes stellt eine Volumkurve dar und die einzelnen pulsatorischen Erhebungen auf derselben bezeichnet man mit v. Kries als Volumpulse. Als solche sind sie nicht der gewöhnlichen Pulskurve kongruent, wenn sie auch, wie Fick gezeigt hat, dieselben Wellen wie das Sphygmogramm erkennen lassen. Die Volumkurve wird in ihren Schwankungen bestimmt:

1. vor allem von dem Einströmen des arteriellen Blutes,
2. von dem Abfluß des venösen Blutes und
3. in kaum merkbarer Weise und wohl nur bei lange fortgesetzten Versuchen von der Lymphzirkulation.

Natürlich vermögen alle willkürlichen Kontraktionen der im Blechzylinder eingeschlossenen Extremitätenmuskulatur bedeutende

Volumschwankungen hervorzurufen, die Verunstaltungen der gewünschten Kurve veranlassen, die aber glücklicherweise sehr leicht erkannt werden können. Es ist ein Erfordernis für das Gelingen der Versuche, daß die Versuchsperson den Arm absolut ruhig hält und überhaupt auf alle Intentionen des Experimentators gern eingeht. An einer gelungenen Volumkurve unterscheidet man drei Arten von Wellen, von denen zwei gewöhnlich mehr oder minder deutlich sind, eventuell sogar ganz fehlen können. Diese drei Wellenbewegungen sind:

1. die Volumpulse, die den Pulswellen in der Arterie synchron sind und die man auch als Wellen I. Ordnung bezeichnet hat;
2. die respiratorischen Wellen, die den Atembewegungen entsprechend verlaufen und die man als Wellen II. Ordnung benannt hat;
3. die vasomotorischen Wellen, die einen Zeitraum mehrerer Atembewegungen umfassen und als S. Mayersche Wellen oder besser als Wellen III. Ordnung unterschieden werden.

Von den sonstigen wellenförmigen Schwankungen, wie sie am Blutdruck noch vorkommen, sehen wir hier ab.

Die Wellen I. Ordnung, der Volumpuls, zeigen bei sorgfältiger Aufnahme einen dem Druckpuls, dem gewöhnlichen Sphygmogramm, ähnlichen Verlauf. Auf Deutung der Einzelheiten, die Fick, wie v. Frey (Die Untersuchung des Pulses, 1892, p. 166) erwähnt, gegeben hat, können wir nicht eingehen, es genügt uns nur, darauf hinzuweisen, daß man die sogenannte dikrotische Welle an dem Volumpuls mehr oder weniger deutlich erkennen kann. Die Deutung dieser Wellen ist bekanntlich eine vielumstrittene und ich fühle mich nicht kompetent, mich für die eine oder andere Ansicht zu entscheiden, nach Tigerstedt (Physiologie d. Kreislaufes, 1893, p. 392 und nach s. Lehrbuch d. Physiol., Bd. I, p. 226) ist jedenfalls so viel sicher, daß es sich um eine centrifugal verlaufende positive Welle handelt. Auf die Größe der Wellen wirkt nach demselben Autor (p. 409

der allgemeine Blutdruck ein, indem dieselbe bei niedrigem Blutdruck größer ist als bei hohem; v. Frey dagegen (l. c. p. 232) mahnt auch dieser Annahme gegenüber zur Vorsicht, „da keine einzige Tatsache bekannt sei, die die dikrote Pulsform als die notwendigen Folge des herabgesetzten Blutdruckes erkennen ließe". Beide Untersucher sind aber darin einig, daß „der Grad der Erweiterung eines einzelnen Arteriengebietes für die Stärke der Dikrotie im Pulse der betreffenden Arterie von maßgebender Bedeutung sein kann" (Tigerstedt) und, wie v. Frey sagt, „alles auf enge Beziehungen zwischen dieser Pulsform und der vasomotorischen Innervation hindeutet." Somit ist der Zustand der Gefäße selbst, von denen der Puls herrührt — alles dies bezieht sich zunächst auf den Druckpuls — von maßgebender Bedeutung. Nur eine multiple Pulsschreibung an verschiedenen Körperarterien vermag daher, wie v. Frey an anderer Stelle hervorgehoben hat, uns die Deutung der Pulskurve zu ermöglichen und örtliche und allgemeine Erscheinungen trennen lassen. Wir glauben, den Boden der sichergestellten Tatsachen nicht zu verlassen, wenn wir die dikrotische Erhebung des Volumpulses analog den über den Druckpuls gegebenen Ausführungen in ihrer Größe vor allem als von dem Zustand der Arterien des betreffenden Extremitätenabschnittes abhängig ansehen, soweit nicht die von mir angewandte multiple Volumschreibung (Arm und Gehirn) allgemeine Ursachen, wie Veränderungen des Blutdruckes z. B., ergibt; eine lokale stärkere Dikrotie des Volumpulses sehen wir als ein Zeichen der Erschlaffung der Gefäße des untersuchten Körperabschnittes an.

Die Wellen II. Ordnung, die respiratorischen Schwankungen, sind durch den Einfluß der Atmung auf die Blutzirkulation, wobei sowohl rein mechanische als auch nervöse Einflüsse eine Rolle spielen und auf deren Besprechung wir hier nicht eingehen können, hervorgerufen. Sie können sich in verschiedener Weise in ihrem zeitlichen Verhalten zur Atmung darstellen, bald und zwar häufig entspricht dem Exspirium ein Anstieg, dem Inspirium ein Abfall des Armvolumens, in anderen Fällen, wenn

der inspiratorische Anstieg des arteriellen Druckes die Erleichterung des venösen Abflusses im Inspirium überwiegt, tritt ein Anstieg des Armvolumens synchron dem Inspirium auf. Neuerdings hat auch Müller in seiner interessanten Arbeit auf die Schwierigkeit der Deutung der verschiedenen, die respiratorischen Schwankungen veranlassenden physiologischen Momente hingewiesen. Die Wellen II. Ordnung hat man auch, wenn sie nach Suspension der Atmung auftreten, als Traube-Heringsche Wellen beschrieben und ich muß bekennen, daß ich mich in meiner früheren Arbeit insofern eines Versehens schuldig gemacht, indem ich, veranlaßt durch eine Arbeit Fredericqs, die in der Literatur auch sonst vielfach verkannten Wellen von den Wellen III. Ordnung, die S. Mayer zuerst beschrieben, nicht scharf gesondert habe und glaubte, Hering habe auch diese letzten Wellen gemeint. Die Kurven 2, 3 und 23 zeigen die respiratorischen Wellen in sehr schöner Ausbildung.

Die Wellen III. Ordnung, die sogenannten S. Mayerschen Wellen, sind höchstwahrscheinlich von den wechselnden Innervationszuständen der Gefäße abhängige, langsamer verlaufende Volumschwankungen, die auch meist vorhanden sind, aber zeitweise, ohne daß eine sichere Ursache nachweisbar wäre, stärker auftreten. Wir halten mit Müller auch die Wellen II. und III. Ordnung für rein physiologische Erscheinungen. Die Kurve 4 läßt an dem Armvolumen sehr schöne Wellen III. Ordnung erkennen.

Wir haben schon oben die Momente erwähnt, die das Armvolumen beeinflußen und bemerken, daß das Armvolumen zunächst vom arteriellen Zufluß abhängig ist. Für denselben kommen wieder zwei Momente in Frage, und zwar einmal die Herztätigkeit, ihre Frequenz und Ausgiebigkeit, und zweitens die Weite der Arterien. Der venöse Abfluß hängt vor allem von der Herztätigkeit und den durch dieselbe bedingten Druckdifferenzen, wobei der Einwirkung der Atmung eine hervorragende Rolle zukommt, und nicht von dem Zustand der Gefäße ab, da unter

den von uns angewandten Versuchsbedingungen die Muskeln des Armes erschlafft sind. Den Einfluß der Lymphzirkulation glauben wir bei unseren meist kurzen Versuchen vernachlässigen zu können.

Mit Wundt (Physiol. Psych., Bd. II, p. 269) unterscheiden wir bei der Benutzung der Atem- und Volumregistrierung für psychologische Zwecke, wie wir es im folgenden tun, Störungen I. und II. Art. Unter Störungen I. Art versteht Wundt:

1. die kaum in Betracht kommenden Traube-Heringschen Wellen und
2. die einer Verwechselung leicht zugänglichen Wellen III. Ordnung, die Mayerschen Wellen.

Als Störungen II. Art faßt er solche auf, die aus der gegenseitigen Beeinflussung der Ausdruckssymptome hervorgehen, und zwar ist hier vor allem der Einfluß der Atembewegungen zu berücksichtigen und in jedem Falle zu entscheiden, ob die Veränderungen des Volumpulses rein sekundäre, durch die veränderte Atmung veranlaßte oder selbständige, den Atmungsänderungen koordinierte Erscheinungen sind.

Die Kurve des Hirnvolumens läßt dieselben drei Wellen wie die plethysmographische Kurve des Arms erkennen. Indem ich auf meine eigene ausführliche Darstellung der Hirnvolumkurve in der früher im gleichen Verlage erschienenen Arbeit verweise, will ich hier nur kurz die Punkte hervorheben, welche für unsere Untersuchungen jetzt in Betracht kommen. Die pulsatorischen Schwankungen, die Wellen I. Ordnung zeigen am Gehirn bald eine katakrote bald eine anakrote Form, ohne daß diesen Verschiedenheiten irgend eine weitere Bedeutung bei dem gegenwärtigen Stand der Lehre von dem Puls beigelegt werden könnte. Indem wir uns der von Fredericq (Note sur le mouvements du cerveau de l'homme, Archiv. de biologie, 1886) gegebenen Deutung der pulsatorischen Schwankungen des Gehirns und der von ihm gegebenen Analyse der einzelnen Erhebungen anschließen, heben wir hier nur hervor, daß auch die dikrotische

Welle im Volumpuls des Gehirns auftritt und daß die über diesen Gegenstand bei Besprechung der Volumpulskurve des Arms gemachten Ausführungen in gleicher Weise hier Geltung haben, ja uns noch berechtiger erscheinen, da sich der Gehirnvolumpuls vielmehr dem Druckpuls einer Arterie, am meisten z. B. demjenigen der Temporalis nähert und von Burckhardt vor allem als durch die Füllung der Arterien des bloßliegenden Gehirnteils hervorgerufen angesehen wurde. Meine früheren Untersuchungen haben die von anderen Forschern hervorgehobene Bedeutung der Atembewegung für die Gehirnzirkulation bestätigt und immer findet man die respiratorischen Schwankungen des Gehirnvolumens, selbst wenn diese Wellen II. Ordnung am Armvolumen kaum nachweisbar sind. Durch diese starke Einwirkung der Atembewegung auf die Hirnvolumkurven ist bei allen diesen Untersuchungen doppelte Vorsicht geboten und Sprechen z. B. von vornherein ausgeschlossen. Ein weiterer Umstand ist noch zu beachten, selbst wenn Wellen II. Ordnung am Arm- und Gehirnvolumen vorhanden sind, so verlaufen dieselben nicht immer synchron, wie einige Kurven erläutern mögen. In **Kurve 2** finden sich sehr schöne respiratorische Schwankungen an beiden Volumkurven. Es zeigt sich sofort in exquisiter Weise, daß die Volumsenkungen der Arm- und Gehirnkurve zeitlich nicht zusammenfallen. Die Gehirnkurve erreicht stets um einen Schlag früher als die Armkurve ihren tiefsten Stand und ihre Schwankungen decken sich mit denjenigen der Atmungskurve, während diejenigen des Armvolumens im Verhältnis zu den Phasen der Respiration verspätet erscheinen. Der Tiefstand des Armvolumens bei *a* (gleiche Buchstaben entsprechen sychronen Stellen der drei Kurven) entspricht nicht der tiefsten Exspiration in der Atmungskurve bei *α*, sondern tritt erst in der Exspirationsphase bei *a* auf. Ebenso entspricht der auf den Hochstand bei *b* folgende Tiefstand des Armvolumens bei *c* nicht dem Tiefstand der Respirationskurve bei *γ*, sondern erscheint nach dem Exspirationsgipfel hin nach *c* verschoben. Auch *d* in der Armvolumkurve ent-

spricht nicht δ in der Respirationskurve, sondern dem Punkte d in der Exspirationsphase. Vergleichen wir damit die Gehirnkurve, so finden wir, daß der Tiefe der Exspirationsphase der Respirationskurve in α auch ein Tiefstand des Gehirnvolumens in α entspricht. Ebenso deckt sich der Tiefstand des Gehirnvolumens bei γ mit dem Tiefstand der Atmung in der Inspirationsphase bei γ. Es geht aus dieser Kurve bereits die für die Beurteilung des Einflusses der Respirationsphasen und der zeitlichen Verhältnisse beider Volumkurven prinzipiell wichtige Tatsache hervor, daß die Armkurve im Verhältnis zur Gehirnkurve und der mit der letzteren synchrone Respirationskurve verspätet erscheint. Auch **Kurve 3** gestattet einen genauen Vergleich der zeitlichen Verhältnisse der drei Kurven. Dem Tiefstand der Respirationskurve in der Inspirationsphase bei α entspricht ein Hochstand des Armvolumens bei α, und im scharfen Gegensatz hierzu befindet sich das Gehirnvolumen bei α bereits im Anstieg, nachdem es bei α' sein Minimum passiert hat. Projiziert man die tiefste Stelle des Gehirnvolumens bei α' auf die Respirationskurve, so fällt dieser Punkt nicht mit dem tiefsten Punkt der Inspiration zusammen, sondern fällt auf eine Stelle α', die gegen die Mitte der Inspirationsphase zu liegen kommt. Die Höhe der Exspirationsphase in R fällt nicht etwa mit dem Gipfel der Atemschwankungen des Gehirns zusammen, sondern liegt bereits in dem absinkenden Schenkel des Gehirnvolumens. Der Hochstand der Gehirnkurve bei a' kommt bei einer Projektion auf die Respirationskurve noch in die Exspirationsphase zu liegen. Betrachten wir die zeitlichen Verhältnisse zwischen Arm- und Gehirnkurve, so scheint die Armkurve um zwei Pulsschläge gegen die Gehirnkurve verspätet. Dem Tiefstand des Armvolumens bei a' entspricht der Tiefstand des Gehirnvolumens bei α'. Fassen wir die aus Kurve 2 und 3 sich ergebenden Verhältnisse zwischen Respiration, Arm- und Gehirnkurve zusammen, so sehen wir erstens, daß die durch die Respirationsphasen bedingten Wellen II. Ordnung am Arm- und Gehirnvolumen nicht synchron verlaufen

und daß zweitens, was für unsere Versuche mit Anwendung von Reizen wichtig sein wird, die Armvolumkurve um 1—2 Pulsschläge später die Veränderungen darbietet, die zuerst am Gehirnvolumen aufgetreten sind. Außer zur genauen Registrierung der Atmung in jedem als wissenschaftliches Experiment gelten sollenden Versuch mahnt diese Tatsache in der Beurteilung einer Kurve, sich immer auf eine längere, unmittelbar vorhergehende Normalstrecke zu stützen.

Auch die Wellen III. Ordnung finden sich in sehr ausgeprägter Weise an der Gehirnkurve und bieten die gleichen Erscheinungsweisen wie an der plethysmographischen Kurve des Armes dar. Mosso hat auf die verschiedenen Formen dieser Wellen, die er als Undulationen bezeichnet, hingewiesen, jedoch sind dies alles Einzelheiten, die uns hier zunächst nicht interessieren. Obwohl von verschiedenen Seiten und auch von mir in einer früheren Arbeit auf die Unabhängigkeit dieser Wellen III. Ordnung in Arm- und Gehirnvolumen voneinander hingewiesen worden ist, wollen wir hier doch noch auf eine Kurve eingehen, die das in exquisiter Weise demonstriert. In **Kurve 4** zeigt die Atmung einen regelmäßigen Wechsel von tieferen und flacheren Atemzügen, das Armvolumen zeigt sehr erhebliche Volumschwankungen, die aber meist langsam verlaufen und nur durch die langsamere Bewegung der Schreibfläche so steil erscheinen. (Diese Kurve ist ebenso wie die später zu besprechende Kurve 1 bei einer von der sonst verwendeten Ganggeschwindigkeit abweichenden geschrieben, indem in 10″ 16,2 mm Schreibfläche, in 1″ also 1,62 mm vorüberzogen gegen 9,5 mm in den sonstigen Kurven, z. B. in Kurve 2 und 3).

Man ersieht aus der Kurve sehr schön, wie diese beträchtlichen Schwankungen, man vergleiche z. B. die starke Volumabnahme mit nachfolgendem Anstieg auf das frühere Niveau bei *b*, *c* und *d*, nicht etwa durch Änderungen des Atemtypus, wie ein Blick auf die in die Respirationskurve eingetragenen Marken *b*, *c* und *d* ergibt, hervorgerufen sind. Wichtiger erscheint jedoch die Tatsache, daß das Gehirnvolumen diese exquiseten

Schwankungen, wie sie am Armvolumen bei *c, e* und *f* auftreten, nicht mitmacht, sondern sein Niveau ein mehr gleichmäßiges bleibt und nur ganz unbedeutende Wellenbewegungen, so von α bis β, von β bis γ u. s. w. erkennen läßt. Diese Wellenbewegungen sind auch, wie eine Übertragung der Marken α, β und γ zeigt am Armvolumen als deutliche Schwankungen desselben nachweisbar. Dem Hochstand des Gehirnvolumens bei *R* entspricht auch ungefähr ein Wellengipfel des Armvolumens bei *R*. Es finden somit in dieser Kurve die Wellenbewegungen des Gehirns am Arm gleichfalls ihren Ausdruck, dagegen prägen sich die großen Schwankungen des Armvolumens nicht am Gehirnvolumen aus und besteht auch kein reziprokes Verhältnis, indem den sehr markanten Punkten *c, e* und *f* der Armkurve nicht Kurvenpunkte von irgend welcher Ausnahmestellung in der Gehirnkurve entsprechen. Es wäre ein leichtes, andere Kurven hier anzuführen, bei denen die Wellen III. Ordnung am Gehirn stärker und unabhängig von solchen Schwankungen auftreten, doch verweise ich in dieser Beziehung auf die früheren Untersuchungen. Diese Unabhängigkeit und Selbständigkeit der Wellen III. Ordnung an Arm- und Gehirnkurve bilden meiner Ansicht nach ein Hauptargument gegen Lehmanns Annahme, daß dieselben durch die Denktätigkeit veranlaßt seien. Lehmann hat die Wellen nur am Arm beobachtet und aus verschiedenen Momenten geschlossen, daß sie Zeichen psychischer Vorgänge seien; man sollte dann doch erwarten, daß sich diesen Wellen entsprechende oder reziproke Veränderungen auch am Volumen des Organs der Denktätigkeit einstellen sollten, aber dies ist, wie die erläuterte Kurve 4 zeigt, nicht der Fall und spricht für die rein physiologische Erklärung dieser Wellen. Mit einem Wort müssen wir auch der Frage noch den Gefäßnerven des Gehirns gedenken und ich stehe auf Grund der früher mitgeteilten Beobachtungen und namentlich auf Grund des positiven Befundes Obersteiners beim Menschen (die Innervation der Gehirngefäße, Jahrbuch für Psych., Bd. XVI, p. 205) auf dem Standpunkte, daß die menschlichen Gehirngefäße Gefäßnerven be-

sitzen, wenigstens in ihrem Verlauf durch die Pia. Allgemein anerkannt, mag man besondere Gefäßnerven annehmen oder nicht, ist aber jedenfalls die Tatsache von der leichten Reaktionsfähigkeit und Ermüdbarkeit der Gehirngefäße, wie die unscheinbare **Kurve 1**, der jedoch, wie wir später sehen werden, eine große Bedeutung zukommt, zeigt. Auf fünf tiefe Atemzüge, die ihre Wirkung in unverkennbarer Weise auf Arm- und Gehirnvolumen äußern, folgt eine längere, 40 Sekunden umfassende Atempause von *A* bis *E*. Die Armkurve zeigt am Ende der Inspration während der Atempause leichte Schwankungen III. Ordnung (vielleicht auch II. Ordnung); im weiteren Verlauf kommt der Schreibhebel bei der sich einstellenden Unruhe der Versuchsperson von der Schreibfläche ab. Die Höhe der Volumpulse des Armes steigt etwas an (4 mm, 4,7 mm, 4,5 mm). Das Gehirnvolumen hält sich anfänglich auf gleicher Höhe und macht die Schwankungen des Armvolumens nicht mit. Die Höhe der Volumpulse des Gehirns nimmt deutlich zu (4,0 mm, 6,0 mm), was aber vor allem interessiert, ist, daß die dikrotische Erhebung auffallend deutlich wird, ja als selbständige Welle auftritt und nicht im Verhältnis zu der Höhenzunahme des Volumpulses am Gehirn anwächst, sondern dieselbe relativ weit übertrifft, während das gleiche am Armvolumen nicht der Fall ist (vergleiche bei *R*). Eine allgemeine Ursache kann somit für dieses Auftreten der dikrotischen Welle nicht nachgewiesen werden, es müssen lokale Verhältnisse — Erschlaffungen der Gehirngefäße unter dem Einfluß der Co_2-Überladung des Blutes — ihre Vergrößerung veranlaßt haben und dieser Befund bestätigt die alte Annahme von der Empfindlichkeit der Gehirngefäße. Die Co_2-Überladung, die für die Armgefäße die gleiche sein muß wie für die Gehirngefäße, ruft dort noch keine Veränderung hervor, die sonstigen Körpergefäße sind widerstandsfähiger, weniger sensibel als die Gehirngefäße. Und dies ist ein weiterer Grund, alle Kurven mit auffallenden Atemänderungen genau zu prüfen, eventuell auszuschließen. Wie ich auch schon früher hervor-

gehoben, besitzen die Kopfstellungen einen enormen Einfluß auf die Gehirnvolumenkurve und es muß daher unbedingt dafür Sorge getragen werden, daß der Kopf während des Versuches unverändert liegen bleibt. Meinen in der früheren Arbeit veröffentlichten Kurven 29 und 30 hat Brodmann auf p. 29 seiner früher zitierten Arbeit eine falsche Interpretation insofern angedeihen lassen, als er aus denselben schließt, „daß die Wirkung gleicher Kopfbewegungen nicht immer die gleiche ist". Aus der von mir den Kurven beigefügten Erklärung geht aber hervor, daß es sich keineswegs um gleiche Bewegungen, sondern in dem einen Fall um eine einfache sagittale Bewegung nach hinten, im anderen Falle um eine Bewegung nach der Seite und hinten handelt. Bei dem Einfluß, den der Zustand der Nackenmuskulatur, wie dies Hill (Physiology and pathol. of the cerebral circulation, London 1896) dargetan, auf den venösen Abfluß hat, ist das keineswegs belanglos und zeigt an, wie vorsichtig überhaupt alle Kopfbewegungen bei einwandsfreien Versuchen vermieden werden müssen. Weniger als die Bewegungen der Nackenmuskulatur wirken sonstige Muskelbewegungen auf die Gehirnzirkulation ein, außer wenn sie die Atmung in irgend einer Weise modifizieren. Auf das Gebiet der Lehre über die Blutzirkulation im Schädel brauchen wir im übrigen hier nicht weiter einzugehen, wir nehmen in Übereinstimmung mit Lewy und im Gegensatz zu Geigel an, daß die Blutversorgung des Gehirns in derselben Weise erfolgt, wie in den übrigen Körperorganen; auch die komplizierten Verhältnisse der Liquor cerebrospinalis kommen für unsere Untersuchungen nicht in Betracht. Mehr noch als an der Armkurve müßen wir bei der Fesstellung, ob es sich um primäre oder sekundäre Veränderungen handelt, die von Wundt erwähnten Störungen I. und II. Art unterscheiden und ausschließen. Eine große Anzahl von Kurven wird so von vornherein von der Betrachtung ausgeschlossen, da ihre Befunde durch die gegenseitige Beeinflussung von Atmung und Hirnpuls eine einwandsfreie Deutung nicht zulassen.

2. Aufmerksamkeit.

a) Willkürliche Aufmerksamkeit.

Im Anschluß an Lehmann betrachten wir zunächst den Einfluß der willkürlichen Konzentration der Aufmerksamkeit auf Gehirn- und Armvolumen. Wie Lehmann, habe auch ich einfache Rechenaufgaben und das Zählen von Punkten verwendet, bei den hier zu erwähnenden Kurven gab die Versuchsperson auch an, daß ihr die Lösung der Aufgabe nicht unangenehm gewesen sei und die objektiven Befunde sprechen nicht gegen diese Angabe.

Lehmann fand bei seinen Versuchen (S. 69): „Eine Konzentration der Aufmerksamkeit wird unmittelbar von wenigen geschwinden Pulsen begleitet, während welcher die Volumkurve eine Neigung zum Steigen zeigt. Darauf folgen 4 bis 8 langsame Pulse, während welcher das Volumen sinkt; die Länge dieser Pulse ist stets größer als die der zunächst vorhergehenden, oft überschreitet sie sogar die Norm. Schließlich steigt das Volumen wieder bei geschwindem Puls; die Dauer dieser Periode ist sehr abwechselnd. Faßt man diese drei ersten Phasen zusammen, so ist die Pulslänge stets verkürzt. Ist das normale Volumen erreicht, so wird auch ungefähr die Pulslänge normal wie ursprünglich. Die Atmung ist während des ganzen Verlaufes unregelmäßig. Folgt auf die erste Anspannung der Aufmerksamkeit eine länger dauernde, gleichförmige psychische Arbeit, so erhält das Volumen sich ziemlich auf der Norm, aber mit stark verkürztem Puls; kleine Schwankungen erscheinen gewöhnlich erst gegen Ende der Arbeit. Während dieser Periode ist die Atmung meistens beschleunigt und oberflächlich."

Die von uns erhobenen Befunde sind, nachdem eine Reihe von Kurven, bei denen Wellen III. Ordnung, die schon in den Normalstrecken stark hervortraten und die Deutung der Versuchsreaktion unsicher machen konnten, ausgeschaltet wurden, folgende:

Kurve Nr. 5. Die Versuchsperson soll die Aufgabe 112—42 im Kopfe ausrechnen und nach Beendigung derselben als Zeichen für den Experimentator einen Finger der linken Hand emporheben.

Die Armkurve, welche einen sehr deutlichen Anstieg mit nachfolgendem Abfall zeigt, ist im weiteren Verlaufe leider durch Zittern des rechten Armes verunstaltet und zu genaueren Messungen nicht zu brauchen.

Das Gehirnvolumen zeigt während der geistigen Arbeit einen deutlichen Anstieg. Viel eklatanter als diese Volumenszunahme zeigt sich eine Veränderung der Pulsform des Gehirns. Der katakrote Schenkel fällt viel langsamer als vor der geistigen Beschäftigung ab. Nach der Lösung der geistigen Aufgabe erhält der Puls wieder seine frühere Form mit rasch abfallenden katakroten Schenkeln.

Die durchschnittliche Pulshöhe beträgt:

1—*a* =	7,2	8,0	7,0	Mittel =	7,4 mm
a—*b* =	10,2	9,4	9,6	„ =	9,7 „
b—2 =	10,5	10,2	10,0	„ =	10,2 „

Die Zunahme der Pulshöhe des Gehirns hält somit nach der Lösung der Aufgabe nach längere Zeit an.

Die Gehirnkurve ergibt bezüglich der Pulslänge folgendes:

Phase	1—*a*	*a*—*b*	*b*—2
Anzahl	16	7	10
Länge	6,1	6,1	6,3 mm

Diese Kurve ergibt also keine Pulsverkürzung, wie sie Lehmann gefunden hat.

Kurve Nr. 6 stellt einen gleichen Versuch dar. Die Rechenaufgabe lautet 7 × 188.

Armkurve: Phase	*a*—*b*	*b*—*c*	*c*—*d*	*d*—*e*	*e*—*f*
Anzahl	13	4	5	10	13
Länge	6,69	6,50	6,80	6,30	6,54 mm

Die Volumenkurve des Armes, die sich auf der Strecke *a*—*b* in ziemlich gleichmäßiger Höhe hält, steigt von *b*—*c* in 4 Pulsen deutlich an und fällt von *c* an stark ab, um nach 5 Pulsen bei *d* ihren tiefsten Stand zu erreichen. Jenseits *d* erfolgt dann ein

allmählicher Anstieg und das Volumen erhält sich bis *e* resp. *f* auf konstanter Höhe. Hinter *e* sind einzelne Armpulse durch Zitterbewegungen etwas verunstaltet.

Die durchschnittliche Pulshöhe beträgt:

a—b =	4,3	4,0	3,9	Mittel	= 4,1	mm
b—c =	3,5	4,0	3,8	„	= 3,8	„
c—d =	3,4	3,8	3,2	„	= 3,5	„
d—e =	4,0	4,0	3,9	„	= 4,0	„
e—f =	4,2	4,0	4,2	„	= 4,1	„

Die Atemfrequenz beträgt:

a—b	4	Atemzüge =	111,0	mm
	1	„	27,8	„
b—e	5	„	126,0	„
	1	„	25,2	„
f	5	„	122,0	„
	1	„	24,4	„

Das Gehirnvolumen hält sich in der Strecke *a—b* auf ziemlich gleicher Höhe, steigt hinter *b* sofort an, sinkt bei *c* unbedeutend ab und erfährt in der Mitte zwischen *d—e* nochmals einen erheblichen Anstieg, um sich dann bis über *f* hinaus in ziemlich gleicher Höhe zu halten. Das Gehirnvolumen macht somit wohl den Anstieg zwischen *b* und *c* mit, dagegen ist der sehr beträchtliche Abfall des Armvolumens jenseits *c* im Gehirnvolumen kaum wieder zu erkennen; dasselbe erhält sich nach unbedeutendem Abfall auf gleicher Höhe und zwischen *d—e* treten ganz unabhängig von den Schwankungen des Armvolumens selbständige Veränderungen des Gehirnvolumens auf.

Die durchschnittliche Pulshöhe beträgt:

a—b =	8,2	7,3	7,2	Mittel	= 7,6	mm
b—c =	7,0	7,9	7,9	„	= 7,6	„
c—d =	7,8	8,2	8,8	„	= 8,6	„
d—e =	10,0	11,2	8,5	„	= 9,9	„
e—f =	8,9	9,8	8,8	„	= 9,2	„

Die Pulshöhe steigt somit zwischen *b—c* an, erhält sich zwischen *c—d* auf ziemlich großer Höhe, obwohl gleichzeitig die Pulsationshöhen des Armvolums abnehmen. Zwischen *d—e* vor der Beendigung der Versuchsperson zur Lösung aufgegebenen

gegebenen Rechenexempels zeigt das Gehirnvolumen eine auffallende Steigerung der Pulsationshöhe, die bei ↓* ihr Maximum mit 11,2 mm erreicht, um dann sofort eine Abnahme zu erleiden.

Aber auch nach der Lösung der Aufgabe zwischen *e—f* ist die Pulsationshöhe des Gehirns eine durchschnittlich höhere als in der Strecke *a—b*.

Die höhere Pulsation ↓* des Gehirns entspricht keineswegs einer sich von den vorangehenden und nachfolgenden Pulswellen an Höhe wesentlich unterscheidende Pulsation des Armvolumens.

Fassen wir in der Armkurve nach Lehmanns Vorschrift die ersten 3 Phasen nach der Einwirkung des Reizes zusammen, so erhält man eine Gesamtlänge von 123,1 mm für die Strecken $bc + cd + de$, die 19 Pulswellen umfassen also eine durchschnittliche Pulslänge von 6,47 mm. Der Puls ist also in Übereinstimmung mit Lehmann in dieser Kurve während der willkürlichen Konzentration der Aufmerksamkeit verkürzt. Die Versuchsperson gibt an, daß sie sich bei der Lösung dieser Aufgabe habe anstrengen müssen, ein Unlustgefühl wird in Abrede gestellt. Wenden wir uns anderen, dem gleichen Zwecke dienenden Versuchen zu:

Kurve Nr. 7. Der Versuchsperson wird die Aufgabe gestellt, eine Reihe von großen, an die gegenüberliegende Wand mit Kreide markierten Punkten zu zählen.

Die Atmung wird oberflächlich und bleibt auch noch kurze Zeit nach der Lösung der Aufgabe oberflächlicher, als vorher.

Die Armkurve zeigt einen kaum merklichen Abfall und einen darauffolgenden leichten Anstieg. Die Messungen ergaben folgendes:

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—f*	
Anzahl	14	2	3	10	11	
Länge	6,54	7,0	6,7	6,5	6,27	mm.

Die Zahlen decken sich nicht mit denen von Lehmann angegebenen, indem die anfängliche Pulsbeschleunigung ebenso wie das Steigen der Volumkurve fehlt. Es zeigt sich gleich eine Verlangsamung der Pulse mit der Tendenz zum Fallen der Volumkurve.

Das Gehirnvolumen zeigt vor allem während der Periode $c—d$ einen leichten Anstieg.

Die Pulsationshöhe beträgt während der Periode:

$a—b$ =	9,2	7,9	8,0	9,0	Mittel = 8,5 mm
$b—c$ =	8,8	8,8			„ = 8,8 „
$c—d$ =	9,5	9,6	9,4		„ = 9,5 „
Ende $d—e$ =	8,0	8,0	8,4		„ = 8,1 „
$e—f$ =	9,8	8,5	8,8	9,4	„ = 9,1 „

Diese Kurve ergibt ein mit Lehmanns Angaben nicht übereinstimmendes Resultat, indem sich hier eine deutliche Pulsverlängerung bei der Konzentration der Aufmerksamkeit zeigt.

Kurve Nr. 8. Der Versuchsperson wird die Aufgabe gestellt, eine größere Reihe von großen und kleinen durcheinander an einer gegenüberliegenden Wand angebrachten Punkten gesondert zu zählen. Sie gibt durch Erheben des linken Zeigefingers zu erkennen, wann die Zählung beendet ist. Anfang und Ende der psychischen Arbeit ist durch *A* und *E* auf der eingetragenen Nulllinie vermerkt.

I. Atemfrequenz in der Strecke:

$a—b$	2	Atemzüge	= 62	mm
	1	„	= 31	„
$b—c$	7	„	= 166	„
	1	„	= 23,71	„
in der Höhe von g	9	„	= 50	„
	1	„	= 25	„

II. Armvolumen:

Phase	$a—b$	$b—c$	$c—d$	$d—e$	$e—f$	$f—g$	
Anzahl	12	5	7	17	10	11	
Länge	6,75	6,6	6,86	6,47	6,5	6,73	mm.

Pulslänge in $bc + cd + de = 6,55$ mm.

Die Ergebnisse der Messungen an dieser Armvolumkurve decken sich in allen Details mit den von Lehmann auf p. 68 gemachten Angaben. Diese Kurve scheint also in jeder Beziehung geeignet, das Verhalten der Gehirnvolumkurve bei den typischen Veränderungen des Armvolumens unter dem Einfluß der willkürlichen Aufmerksamkeit zu studieren.

Was das Gehirnvolumen betrifft, so steigt dasselbe ebenso wie das Armvolumen; während der Phase *b—c* ist die Entfernung des tiefsten Punktes der Kurve am Ende einer pulsatorischen Schwankung von der willkürlich gezogenen Nulllinie bei *b* = 2,3 mm, bei *c* = 4,2 mm, in der Armkurve bei *b* = 3,2 mm, bei *c* = 4,5 mm. Die Entfernung der Kurvengipfel beträgt in der Gehirnkurve bei *b* = 9 mm, bei *c* = 11,5 mm, in der Armkurve bei *b* = 7,7 mm, bei *c* = 8,5 mm.

Während der Periode von *c—d* sinkt das Gehirnvolumen ebenso wie das Armvolumen ganz beträchtlich ab und erreicht schon zwei Pulsschläge vor *d* die Nulllinie, um dann sofort wieder anzusteigen, während das Armvolumen erst von *d* ab eine Volumenszunahme erfährt. Während der Strecke *d—e* erhält sich das Gehirnvolumen auf einem ziemlich gleichmäßigen Niveau und beteiligt sich nicht an dem allmählichen Anstieg des Armvolumens. Noch deutlicher zeigt sich die Unabhängigkeit und auch der Mangel von reziproken Verhältnissen bei *f*, wo dem bedeutenden Anstieg des Armvolumens eine Zunahme des Gehirnvolumens nicht entspricht. Was ferner die Pulsationshöhe des Gehirns anbetrifft, so ist dieselbe in der Phase:

a—b =	6,9	6,5	6,3		Mittel =	6,57 mm
b—c =	6,5	7,2	7,0	8,0	„ =	7,17 „
c—d =	7,8	7,8	8,8	8,5	„ =	8,22 „
d—e =	8,0	9,3	8,4	8,8	„ =	8,83 „
e—f =	7,9	8,1	8,2	8,4	„ =	8,15 „
f—g =	8,0	9,0	7,8		„ =	8,27 „

Es scheint die Pulsationshöhe des Gehirns während der ganzen Zeit der psychischen Arbeit und nach derselben erhöht.

Die Pulsationshöhe am Arm beträgt:

a—b =	4,1	4,2	4,5	Mittel =	4,27 mm
b—c =	4,8	4,2	4,5	„ =	4,47 „
c—d =	4,2	3,9	3,0	„ =	3,7 „
d—e =	4,9	4,0	4,2	„ =	4,37 „
e—f =	4,9	4,0	4,9	„ =	4,60 „
f—g =	4,2	4,0	3,9	„ =	4,03 „

Es zeigt sich somit, daß die Gehirnkurve in ihrer Pulsationshöhe gleichfalls keine direkte Abhängigkeit von der Pulsationshöhe des Armes zeigt und auch ein umgekehrtes Verhältnis nicht besteht.

Kurve Nr. 9 stellt einen gleichen Versuch dar, nur ist die Zahl der Punkte größer gewählt.

Armkurve: Bestimmung der Pulslänge.

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—f*	*f—g*	*g—h*	
Anzahl	11	5	8	41	7	10	13	
Länge	7	6,8	6,85	6,6	6,57	6,8	6,92	mm

Das Armvolumen während der Strecke *a—b* ist ein ziemlich gleichmäßiges, steigt dann von *b—c* in 5 großen Pulsen an, sinkt von *c—d* in 8 Pulsen ab, indem gleichzeitig die Höhe der einzelnen Pulswelle abnimmt. Jenseits *d* folgt eine geringe Volumenszunahme und darauf erhält sich das Armvolumen längere Zeit hindurch bis zu *e* auf einem gleichmäßigen Stand. Es erfolgt dann im Verlaufe von 7 Pulsen ein beträchtlicher Anstieg des Armvolumens bis zu *f*; hinter *f* tritt ein erheblicher Abfall des Volumens ein. Kurze Zeit darauf jenseits *g* ist die Lösung der Aufgabe erfolgt.

Die Pulshöhen betragen in der Strecke:

a—b =	5,0	4,6	4,8	Mittel	= 4,8	mm
b—c =	5,1	5,2	5,0	„	= 5,3	„
c—d =	4,4	4,0	4,2	„	= 4,2	„
d—e =	5,0	4,9	4,9	„	= 4,9	„
e—f =	5,5	5,8	5,6	„	= 5,6	„
f—g =	4,9	5,0	5,1	„	= 5,0	„
g—h =	5,2	4,9	5,2	„	= 5,1	„

Die Atemfrequenz in der Strecke:

a—b	3	Atemzüge	= 79	mm
	1	„	= 26,3	„
d—e	4	„	= 97	„
	1	„	= 24,2	„
Kurz vor *h*	3	„	= 86	„
	1	„	= 28,7	„

In der Strecke *a—b* zeigt das Gehirnvolumen sehr ausgeprägte Atemschwankungen, hält sich jedoch, von diesen abgesehen,

ziemlich auf der gleichen Höhe. Von *b* an steigt das Gehirnvolumen synchron mit dem Armvolumen bis *c* an, um von da an gleichzeitig mit dem Armvolumen bis *d* abzufallen. Während der Strecke *d—e* bleibt das Gehirnvolumen ziemlich konstant. Den bedeutenden Anstieg, welchen das Armvolumen von *e—f* (gegen Ende der Lösung der Aufgabe) darbietet, macht das Gehirnvolumen in keiner Weise mit, sondern es bleibt bis *g* auf einer konstanten Höhe und zeigt erst jenseits *g* einen unbedeutenden Anstieg mit nachfolgendem Abfall.

Die durchschnittliche Pulshöhe beträgt in der Phase:

a—b =	8,5	7,9	8,0	Mittel	= 8,1 mm
b—c =	7,5	7,9	7,8	„	= 7,7 „
c—d =	8,0	8,5	7,2	„	= 7,9 „
d—e =	8,0	8,1	7,9	„	= 8,0 „
e—f =	9,1	9,0	8,2	„	= 8,8 „
f—g =	9,0	8,5	7,9	„	= 8,5 „
g—h =	8,3	9,0	8,4	„	= 8,6 „

Beide Kurven (8 u. 9) zeigen in Übereinstimmung mit Lehmann die Pulsverkürzung und sind imstande, die Einwirkung einer lange dauernden psychischen Arbeit auf das Gehirnvolumen beurteilen zu lassen.

Mit einem Worte möchte ich der abweichenden Befunde an der Armkurve gedenken, obwohl ich, wie ich wiederholt hervorgehoben, hier keine psychologischen Erörterungen, sondern lediglich eine Feststellung der objektiven Symptome von der Gehirnzirkulation beabsichtige. Die abweichenden Resultate in Kurve 5 und 7 stimmen mit den Resultaten von Meumann und Gent überein, die bei Konzentration der Aufmerksamkeit eine Pulsverlängerung konstatierten; im Sinne Gents müßten übrigens die Kurven 6, 8 und 9 als solche aufgefaßt werden, die unter der Einwirkung der Gefühls der Spannung und der Tätigkeit stehen. Wenn man berücksichtigt, daß die von Lehmanns Befunden abweichenden Kurven 5 und 7 die Erledigung verhältnismäßig einfacher intellektueller Arbeiten darstellen, so kann man, da die Aufgaben doch immer noch zu kompliziert sind, um von ein-

fachem Spannungsgefühl zu sprechen, annehmen, daß bei diesen auch unter dem Einfluß von Spannungs- und Tätigkeitsgefühl geschriebenen Kurven das Spannungsgefühl eben infolge der leichteren Aufgaben das Tätigkeitsgefühl überwogen und so die Pulsverlängerung bewirkt habe. Auch für das Lösungsgefühl wird ein Anhänger der Wundtschen Einteilung in den Kurven 8, 9 und 6, in den Abschnitten *e—f* resp. *d—e* die somatischen Begleiterscheinungen herauslesen können. Doch was uns hier interessiert, ist das Verhalten des Blutumlaufs im Gehirn, und da finden wir, daß ein deutlicher Anstieg des Gehirnvolumens und Zunahme der Pulsationshöhe des Gehirns eintritt, die oft die Lösung der gestellten Aufgabe zeitlich überdauert. Auch hier zeigt sich die Selbständigkeit der Gehirnkurve gegenüber der Armkurve und ihr zeitliches Vorangehen, wie dies schon oben hervorgehoben wurde. Die aus unseren Versuchen hervorgehenden Ergebnisse fassen wir in Übereinstimmung mit den älteren Arbeiten Mossos dahin zusammen:

Satz I: Die willkürliche Konzentration der Aufmerksamkeit auf eine geistige Arbeit geht mit einer Zunahme des Gehirnvolumens und einer Steigerung der Pulsationshöhe desselben einher, wobei die letztere die Zunahme des Volumens zeitlich überdauert.

Satz II: Eine länger dauernde Konzentration der Aufmerksamkeit z. B. bei der Lösung einer komplizierteren Aufgabe ist mit einer anfänglichen Zunahme des Gehirnvolumens und einer Steigerung der Pulsationshöhe desselben verbunden. Während des Fortgangs der psychischen Arbeit bietet das Gehirnvolumen mehrfache Schwankungen dar, jedoch bleibt seine Pulsationshöhe dauernd eine größere und die Steigerung der letzteren überdauert auch die Beendigung der Arbeit.

Vergleicht man mit diesen auf den Kurven niedergelegten Befunden die Ergebnisse Mossos, so fällt seinen Kurven gegen-

über unser geringer Ausschlag in der Zunahme der Pulsationshöhe auf. Mosso teilt Kurven von Bertino mit (Blutkreislauf im Gehirn, p. 65 und Tab. IV, 7), bei denen bei der Lösung einer einfachen Aufgabe, wie 9×13, die Pulsationshöhe des Gehirns um das Zehnfache zunimmt, während es sich hier nur um Höhenzunahmen in Bruchteilen der vorherigen Pulsgröße handelt. Das gleiche habe ich in einem anderen Fall gesehen, wo ebenfalls die immer deutlichen Zunahmen der Pulsationshöhe unter dem Einfluß geistiger Arbeit gering waren im Vergleich zu Mossos Befunden. Da Fehlerquellen bei Mosso und ebenso auch in diesen Untersuchungen ausgeschlossen scheinen, so kann dies nur drei Gründe haben. Erstens kann die individuelle Reaktion des Gefäßsystems eine so verschiedene sein und die konformen, aber quantitativ so verschiedenen Befunde erklären. Diese Annahme scheint mir deshalb nicht wahrscheinlich, da auch andere Forscher, die bei den verschiedensten Patienten untersuchten, nie so hohen Ausschlag sahen wie Mosso, obwohl somit Kurven von den verschiedensten Individuen vorliegen. Der zweite Grund, dem verschiedene Autoren zuneigen, könnte sein, daß es sich in den Mossoschen Versuchen bei dem sehr lebhaften Bertino gar nicht um einfache Wirkung der intellektuellen Arbeit, sondern um Summationsphänomene, die sowohl durch die intellektuelle Arbeit, als auch durch die sie begleitenden Gefühlsvorgänge hervorgerufen seien, handelt; speziell supponiert man, daß die Lösung von Rechenaufgaben bei Bertino mit einem gewissen Unlustgefühl verbunden gewesen sei. Dagegen spricht neben vielen anderem die Kurve Fig. 19 auf p. 67 in Mossos Arbeit. Die Armkurve bietet nur eine Pulsverkürzung, aber nicht die für die Unlust so charakteristische Volumsenkung dar, und auch andere nach Gent für Affektzustände charakteristische Veränderungen finden sich nicht an dem Armvolumen. Viel wahrscheinlicher ist mir eine dritte Erklärung, daß die starken Ausschläge Mossos durch lokale Differenzen gegenüber den anderen Untersuchern bedingt sind, indem er an einer Versuchs-

person mit einem im Stirnteil, über dem Stirnhirn gelegenen, ich dagegen mit einem im Parietalteil gelegenen Defekt experimentierte. Da vor allem die lokale Blutfülle auf die Volumkurve des Gehirns einwirkt, so scheinen die quantitativ abweichenden Resultate mir für eine besondere Beziehung des Stirnhirns zu den intellektuellen Prozessen zu sprechen; beweisen läßt sich das natürlich nur, wie schon oben hervorgehoben, durch Untersuchungen an Fällen mit multiplen Defekten, die somit für die weitere Lokalisation im Gehirn von hervorragender Bedeutung werden könnten. Die weitere Verfolgung dieser Idee ist es auch gewesen, die mich neben andern zur Durchführung dieser als Vorarbeiten zu betrachtenden Untersuchungen veranlaßt hat, mögen sie von mir oder einem anderen verwendet werden. Diese Idee leitete mich auch bei einer Reihe von Versuchen, die hier erwähnt werden sollen. Ist nämlich die Größe des Volumpulses des Gehirns von der Blutfülle der unterliegenden Teile bedingt, was nicht zu bezweifeln ist, ist weiter die Tätigkeit eines kortikalen Zentrums mit einem vermehrten Blutzufluß verbunden, so müssen, da die Beziehungen der einzelnen Sinnes- und der sonstigen Empfindungsnerven zu den Hemisphären bekannt sind, gleiche, auf symmetrische Nervengebiete applizierte Reize eine quantitativ verschiedene Wirkung auf die Größe des Volumpulses haben. Wir wissen z. B., daß die Tastempfindungen der linken Hand ihre kortikale Vertretung in der rechten motorischen Region haben, eine Berührung der linken Hand wird also dort empfunden, wird dort eine vermehrte Tätigkeit hervorrufen und daselbst eine Steigerung des Blutzuflusses bedingen. Habe ich einen Defekt über der rechten motorischen Region, so wird sich am Hirnpuls bei Berührungen der linken Hand eine erhebliche Steigerung der Pulsationshöhe, bei einer Berührung der rechten dagegen nur eine allgemeine und quantitativ viel geringere Zunahme der Pulsationshöhe geltend machen. Über die Beziehungen des in meinem Fall vorliegenden Rindengebietes zu den psychischen Prozessen ist nichts bekannt, ich konnte aber doch erwarten, bei wechselständigen Reizen eine stärkere Blutfülle

der unterliegenden Hemisphäre konstatieren zu können als bei gleichseitigen. Die Versuchsergebnisse waren aber so wechselnd und bald die Annahme bestätigend, bald ihr widersprechend, daß ich von ihrer wissenschaftlichen Bearbeitung in dem von mir geplanten Sinne absah und diese Untersuchungen auf eventuelle geeignetere Fälle verschoben habe, falls ich überhaupt noch dazu kommen sollte. Etwas, was uns aber hier interessieren muß, haben diese Versuche, von denen ich einige hier mitteile, ergeben, daß nämlich diese Reize viel energischer als die intellektuelle Arbeit auf die Hirnzirkulation einwirken und somit im Sinne der oben bei Besprechung der quantitativ abweichenden Mossoschen Befunde entwickelten Anschauungen für eine andere kortikale Funktion der hier vorliegenden Hirnpartien sprechen, zumal da von qualitativ verschiedenen Reizen Gehörsreize vor dem gegenüberliegenden Ohre, wie wiederholte Versuche ergeben haben, die intensivste Wirkung auf die Pulsationen des Gehirns bei meiner Versuchsperson hervorriefen. Berücksichtigt man die Nähe der Hörsphäre zu dem in meinem Fall bloßliegenden Bezirke, den Lob. parietal. inferior. und den Umstand, daß von den gleichen Arterien stammende Gefäße sie versorgen, so wird man dies erklärlich finden. Doch genug von diesen z. T. hypothetischen Ausführungen; betrachten wir die Versuche selbst, soweit sie mit unseren jetzigen Untersuchungen in Beziehung stehen.

Kurve Nr. 10. Bei der mit geschlossenen Augen dasitzenden Versuchsperson, die auf die Applikation von Reizen vorbereitet ist, wird mit einem weichen Pinsel das rechte Ohr berührt und sanft über dasselbe gestrichen. Der Reiz wird von der Versuchsperson als indifferent bezeichnet.

Die Atemkurve zeigt eine deutliche Beschleunigung nach Einwirkung des Reizes. Die Atemfrequenz in den Strecken:

a—b	2	Atemzüge	= 59	mm
	1	„	= 29,5	„
direkt hinter *b*	3	„	= 80	„
	1	„	= 26,6	„

Das Armvolumen bietet zum Beginn der Kurve eine sehr ausgeprägte Undulation dar, die in *a'* ihren Wellengipfel erreicht, es erfolgt nun der Abfall der Welle und bei *b* macht sich die Einwirkung des Reizes in einem unvermittelt in den Abfall einsetzenden Ansteigen bis *c* sich geltend. Der Anstieg von *b* bis *c* erfolgt in 4 Pulsen und jenseits *c* setzt ein starker Abfall ein, der nach 6 Pulsen bei *d* einem erneuten langsamen Anstieg Platz macht. Es erfolgen dann nochmals leichte Undulationen mit einem Wellengipfel bei *g* und erst von *h* an nimmt die Kurve einen mehr gleichmäßigen Verlauf.

Phase	*a—a'*	*a'—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—f*
Anzahl	9	3	4	6	12	6
Länge	7,0	7,0	6,88	7,50	7,0	7,0 mm

Pulshöhe:

a—a' =	8,0	7,0	9,0	Mittel	=	8,0 mm
a'—b =	9,0	8,0	7,8	„	=	8,3 „
b—c =	7,8	7,8	6,5	„	=	7,4 „
c—d =	5,8	6,4	5,8	„	=	6,0 „
e—f =	6,2	7,0	7,2	„	=	6,8 „
f—g =	7,0	7,2	8,5	„	=	7,6 „
g—h =	6,5	6,8	6,8	„	=	6,7 „

Auch das Gehirnvolumen bietet zwischen *a* und *b* eine leichte Undulation dar, deren Wellengipfel aber nicht wie in der Armkurve bei *a'*, sondern bereits um eine Pulslänge vor *a'* gelegen ist. Unter dem Einfluß des Reizes, dessen Wirkung sich bei *b* geltend macht, steigt das Gehirnvolumen ganz beträchtlich an und zwar ist der Anstieg des Gehirnvolumens ein viel größerer als der des Armvolumens. Jenseits *c* fällt das Gehirnvolumen bis *d* ab und steigt in Übereinstimmung mit der Armkurve bis *e* sanft an. Im weiteren Verlaufe der Gehirnvolumkurve ist nur noch das plötzliche Absinken des Volumens bei *g* auffällig.

Die mittleren Pulshöhen betragen in der Strecke:

a—a' =	12,5	11,5	11,8	Mittel	=	11,9 mm
b—c =	12,0	11,9	11,0	„	=	11,6 „
c—d =	11,0	11,0	10,5	„	=	10,8 „
d—e =	13,2	15,0	13,9	„	=	14,0 „

e—f =	14,0	13,5	13,8	Mittel =	13,8 mm
f—g =	14,0	13,9	12,8	„ =	13,6 „
g—h =	11,5	10,5	11,8	„ =	11,3 „

Die Pulsationshöhe nimmt unter dem Einfluß des Reizes unbedeutend zu, erhält sich beim Absinken zwischen *c* und *d* auf ziemlich der gleichen Höhe und zeigt zwischen *d* und *e* eine sehr wesentliche Steigerung der Pulsationshöhe, die erst ganz allmählich wieder schwindet.

Kurve Nr. 11. Berührung des linken Ohres, im übrigen wie bei Kurve 10.

Die Atmung zeigt einige unbedeutende Veränderungen. Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b 3 Atemzüge = 99 mm
1 „ = 33 „

Hinter *b* erfolgen 2 flache Atemzüge, dann ein auffallend langer und tiefer Atemzug.

2 Atemzüge = 49 mm
1 „ = 24,5 „

Die Armvolumkurve zeigt auch hier vor dem Beginn des Versuches sehr ausgeprägte Volumenschwankungen. Die Einwirkung des Reizes ruft sofort eine starke Steigerung des Armvolumens mit einer hohen Pulswelle bei *R* hervor. Nach geringem Abfall steigt das Armvolumen bis *c* in 5 Pulsen an, sinkt dann in 6 Pulsschlägen bis *d* ab und zeigt jenseits *d* zunächst einen gleichmäßigen Verlauf; nach weiteren 6 Pulsschlägen tritt bei *x* eine ganz plötzliche starke Volumzunahme mit Einsetzen hoher Pulswellen auf. Jenseits *e* erfolgt dann ein allmählicher Abfall bis *f*.

Phase	*a'—b*	*b—c*	*c—d*	*d—x*	*x—e*	*e—f*	
Anzahl	11	5	6	6	7	11	
Länge	6,82	6,80	7,33	7,0	6,57	7,09	mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt:

a'—b =	6,2	5,2	5,5	Mittel =	5,6 mm
b—c =	5,5	5,8	7,0	„ =	6,1 „
c—d =	6,2	6,0	6,0	„ =	6,1 „

$d—x$ =	6,0	5,8	5,5	Mittel =	5,8 mm
$x—e$ =	5,5	6,8	6,2	„ =	6,2 „
$e—f$ =	7,0	5,8	5,0	„ =	5,9 „

Das Gehirnvolumen macht die Undulationen des Armvolumens in der Strecke $a—b$ mit, steigt dann unter der Einwirkung des Reizes nur unbedeutend bis c an, fällt dann von $c—d$ ab und zeigt endlich an der Stelle x, wo das Armvolumen so plötzlich und unvermittelt ansteigt, einen ebenso unvermittelten Abfall.

Die mittlere Pulshöhe beträgt:

$a'—b$ =	10,5	11,0	13,2	Mittel =	11,6 mm
$b—c$ =	13,0	13,0	12,8	„ =	12,9 „
$c—d$ =	14,0	12,6	11,0	„ =	12,5 „
$d—x$ =	14,0	12,8	13,4	„ =	13,4 „
$x—e$ =	11,8	12,3	12,0	„ =	12,0 „
$e—f$ =	11,2	12,8	11,8	„ =	11,9 „

Die Pulsationshöhe zeigt unter dem Einfluß des Reizes einen Anstieg, jedoch ist derselbe ebenso wie der Anstieg des Gehirnvolumens viel weniger ausgeprägt, als in der kurze Zeit vorher aufgenommenen Kurve 10. Ein Vergleich dieser Kurven gestattet in ausgezeichneter Weise festzustellen, wie rasch eine gewisse Gewöhnung an einen neuen Reiz eintritt und daß sich die durch die Wiederholung desselben Reizes verminderte Reaktion vor allen Dingen an der Verminderung des Ausschlags der Gehirnvolumkurve sowohl in bezug auf Pulsationshöhe als auch auf die Volumenzunahme zeigt, während die Reaktion an der Armkurve ziemlich dieselbe bleibt.

Kurve Nr. 12. Bei der ruhig dasitzenden Versuchsperson wird ein tiefer Nadelstich am linken Oberarm appliziert. Dieselbe bleibt vollständig ruhig sitzen und gibt auf späteres Befragen an, es habe ihr nicht wehe getan.

Die Armvolumkurve zeigt infolgedessen nur die einfache Reaktionsform der Aufmerksamkeit. Das Armvolumen steigt wie gewöhnlich unter dem Einfluß des Reizes von $b—c$ sehr

deutlich an und sinkt dann in 5 Pulsen bis *d* ab. Jenseits *d* erfolgt ein erneuter, jedoch allmählicherer Anstieg bis *e* und hierauf verhält sich die Kurve auf ziemlich konstanter Höhe.

Die Pulsfrequenz beträgt in der Strecke:

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—f*	
Anzahl	10	6	5	11	12	
Länge	6,70	6,50	6,60	6,54	6,50	mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	7,2	7,5	6,9	Mittel	=	7,2	mm
b—c =	7,5	7,4	7,2	„	=	7,3	„
c—d =	7,5	7,0	6,5	„	=	7,0	„
d—e =	8,0	7,9	8,0	„	=	8,0	„
e—f =	8,4	7,8	7,9	„	=	8,0	„

Das Gehirnvolumen zeigt unter dem Einfluß des Reizes einen geringen Anstieg, der bereits 2 Pulsschläge vor *c* bei *R* sein Maximum erreicht und von da an rasch absinkt, so daß bei *c* bereits die größte Annäherung an die willkürlich angenommene Nulllinie statthat. Zwischen *c* und *d* bleibt das Gehirnvolumen dann im wesentlichen ein gleichmäßiges, 1 Pulsschlag vor *d* setzt eine mäßige Volumenzunahme ein und dann hält sich das Gehirnvolumen ziemlich auf konstanter Höhe.

Die Pulsationshöhen sind in der Strecke:

a—b =	9,0	9,8	9,6	Mittel	=	9,5	mm
b—c =	10,2	10,2	11,4	„	=	10,6	„
c—d =	11,6	9,8	9,0	„	=	10,1	„
d—e =	9,2	9,5	8,9	„	=	9,2	„
e—f =	9,8	10,0	9,0	„	=	9,6	„

Die Pulsationshöhe nimmt unter dem Einfluß des Reizes deutlich zu, erreicht bei *R* eine maximale Höhe und zeigt dann unregelmäßige Schwankungen. Dieselbe übertrifft jedoch im ganzen diejenige vor Einwirkung des Reizes.

Die Atmung hat wesentliche Veränderungen nicht dargeboten, die Messungen ergeben keine Veränderungen in der Atemfrequenz.

Kurve Nr. 13. Bei der ruhig dasitzenden Versuchsperson wird eine angeschlagene Stimmgabel ca. 5 cm vom Kopf entfernt vor das linke Ohr gehalten.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b	2	Atemzüge	=	64	mm
	1	„	=	32	„
jenseits *b*	2	„	=	62	„
	1	„	=	31	„

Das Armvolumen, das bereits in der Strecke *a—b* ausgeprägte Undulationen darbietet, erreicht bei *x* eben einen neuen Wellengipfel und fällt dann ab. Während dieses Abfalls setzt der neue Reiz bei *b* ein und bedingt von *R* an ein Ansteigen des Armvolumens bis *c*. Es folgt dann, wie gewöhnlich, ein Abfall bis *d* in 6 Pulsen und ein erneuter, aber langsamer stattfindender Anstieg bis *e*, worauf sich das Armvolumen auf konstanter Höhe bis zum Schluß des Versuches erhält.

Messung der Pulslänge:

Phase	*a'—x*	*R—c*	*c—d*	*d—e*	*e—f*	
Anzahl	8	4	6	12	13	
Länge	7,0	6,75	7,0	6,92	6,84	mm

Die mittlere Pulsationshöhe beträgt in der Strecke:

a'—x	=	5,2	5,6	5,3	Mittel	=	5,4	mm
R—c	=	6,0	7,0	6,2	„	=	6,4	„
c—d	=	6,0	6,0	5,2	„	=	5,7	„
d—e	=	5,0	6,0	6,2	„	=	5,7	„
e—f	=	5,5	6,2	6,8	„	=	6,2	„

Das Gehirnvolumen, das gleichfalls in der Strecke *a—b* ausgeprägte Schwankungen zeigt, erfährt unter der Einwirkung des Reizes eine sehr erhebliche Volumenszunahme bis *c*. Es erfolgt dann ganz in Übereinstimmung mit dem Verlauf der Kurve des Armvolumens ein Abfall nach *d* zu, worauf eine neue Volumenszunahme einsetzt und sich dann das Gehirnvolumen auf ziemlich konstanter Höhe erhält.

Die mittleren Pulsationshöhen betragen in der Strecke:

$a'—x$ =	11,0	10,6	10,2	Mittel	= 10,6	mm
$R—c$ =	11,8	11,6	11,3	„	= 11,6	„
$c—d$ =	11,0	11,4	11,0	„	= 11,1	„
$d—e$ =	13,8	13,0	14,2	„	= 13,7	„
$e—f$ =	13,0	13,0	11,2	„	= 12,4	„

Die Pulsationshöhe des Gehirns erfährt somit unter der Einwirkung des Reizes einen ganz erheblichen Zuwachs, der auch während des Abfalls des Volumens von *c—d* und auch im weiteren Verlauf der Kurve über *e* hinaus bestehen bleibt, um sich dann erst ganz allmählich zu verlieren. Hervorzuheben ist noch, daß die sehr hohe Pulswelle des Armvolumens bei *x* keineswegs einer analogen Welle in der Gehirnkurve entspricht.

Alle diese Kurven zeigen also die von Lehmann als einfache Aufmerksamkeitsreaktion aufgefaßten Erscheinungen an der Armkurve und lassen die starke Zunahme des Gehirnvolumens und seiner Pulsationshöhe unter der Einwirkung indifferenter Reize erkennen. Die durchweg zu beobachtende Pulsverkürzung und die sehr deutlichen Volumschwankungen sprechen nach Lehmann p. 93 dafür, daß alle diese Reize auch einige willkürliche Aufmerksamkeit der Versuchsperson bewirken. Obwohl eigentlich in anderer Absicht ausgeführt, nämlich zur Feststellung der Unlustreaktion, müssen hier auch drei Versuche erwähnt werden, bei denen die Versuchsperson die meiner Ansicht nach sehr unangenehmen Reize als gleichgültig bezeichnete und dieser Angabe entsprechende Reaktionen darbot.

Kurve Nr. 14. Ein starker faradischer Strom wird auf den rechten Oberarm der Versuchsperson appliziert.

Die Atmung stockt sofort und setzt ein kurzer Atemzug ein. Auf denselben folgt eine Atempause. Darauf wird die Atmung wieder regelmäßig.

Das Armvolumen zeigt unmittelbar nach der Applikation des faradischen Stromes einen sehr deutlichen, in 5 Pulsen erfolgen-

den Anstieg bis *c*, fallt dann von *c—d* in 8 Pulsen sanft ab, um dann wieder bis *e* anzusteigen.

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—f*	
Anzahl	13	6	8	12	6	
Länge	6,54	6,50	6,50	6,17	6,66	mm

Die durchschnittliche Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	7,5	8,2	8,0	Mittel =	7,9	mm
b—c =	7,2	8,0	8,1	„ =	7,8	„
c—d =	7,1	6,5	6,2	„ =	6,6	„
d—e =	7,0	7,5	7,2	„ =	7,2	„
e—f =	7,2	6,2	6,5	„ =	7,0	„

Das Gehirnvolumen, das sich von *a—b* auf ziemlich konstanter Höhe hält, steigt von *b—c* ganz analog dem Armvolumen an, fällt dann ebenfalls in Übereinstimmung mit dem Armvolumen von *c—d* ab, erreicht jedoch schon zwei Pulsschläge vor *d* sein Minimum. Zwischen *d* und *e* zeigt das Gehirnvolumen zunächst einen Anstieg und fällt dann nach *e* zu ab. In diesem letzten Teil der Kurve besteht keine Kongruenz zwischen Arm- und Gehirnvolumen.

Die Pulshöhen betragen:

a—b =	10,0	9,8	9,0	Mittel =	9,6	mm
b—c =	9,5	11,0	11,2	„ =	10,6	„
c—d =	11,8	12,0	12,2	„ =	12,0	„
d—e =	12,0	10,0	12,5	„ =	11,5	„
e—f =	10,5	12,2	12,0	„ =	11,6	„

Die Gehirnpulsationen steigen in der Strecke *b—c* bei zunehmendem Gehirnvolumen stetig an. Auch in der Strecke *c—d* während des Abfalls des Gehirnvolumens nimmt die Pulsationshöhe noch weiter zu und hält sich während der ganzen Strecke *d—e* auf übernormaler Größe, um erst gegen *f* zu eine Abnahme und Annäherung an die Pulshöhen in der Strecke *a—b* zu zeigen.

Kurve Nr. 16. Derselbe Versuch wie in Kurve 14 wird nach einiger Zeit am linken Arm wiederholt.

Die Atmung zeigt jetzt keine Veränderung.

Die Armvolumkurve, die schon während der Strecke *a—b* sehr ausgeprägte Undulationen darbot, erfährt unmittelbar nach dem Einwirken des Reizes einen jähen Anstieg, nach 4 Pulsen erfolgt von *c* an bis *d* ein allmähliches, mit dem jähen Anstieg kontrastierendes Absinken bis *d*; nun schließt sich in vollständiger Übereinstimmung mit Kurve 14 ein erneuter Anstieg des Armvolumens an, das sich dann auf ziemlich konstanter Höhe erhält.

Die Messungen beginnen hier bei *a'*, da zwischen *a* und *b* sich eine Undulation einschiebt, die entsprechend den Ausführungen Lehmanns (s. p. 33) die Messung erschweren würde.

Phase	*a'—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—f*
Anzahl	9	4	10	6	15
Länge	6,77	6,50	6,70	6,33	6,20 mm

Die Pulshöhe beträgt:

a'—b =	7,0	8,0	7,0	Mittel	=	7,3 mm
b—c =	6,9	8,5	8,8	„	=	8,1 „
c—d =	7,4	7,5	7,5	„	=	7,5 „
d—e =	6,5	7,5	7,6	„	=	7,2 „
e—f =	7,0	8,2	7,0	„	=	7,4 „

Das Gehirnvolumen macht in geringerem Grade, aber doch sehr deutlich die Undulation zwischen *a* und *b* mit.

Sehr ausgeprägt ist der Anstieg von *b — c*, dem ein ebenso rascher Abfall folgt, so daß im Gegensatz zu dem Armvolumen das absinkende Gehirnvolumen bereits 4 Pulse hinter *c*, bei *d'*, das Minimum erreicht, während in der Armkurve dasselbe Minimum erst bei *d* gelegen ist. Auch den Anstieg von *d* zu *e* macht das Gehirnvolumen mit und hält sich dann ebenso wie das Armvolumen jenseits *e* auf einer ziemlich konstanten Höhe.

Die Pulsationshöhen betragen:

a'—b =	12,0	13,0	12,2	Mittel	=	12,4 mm
b—c =	13,5	14,0	13,5	„	=	13,7 „
c—d =	14,0	12,9	15,0	„	=	14,0 „
d—e =	14,5	14,8	13,2	„	=	14,2 „
e—f =	13,8	13,6	13,0	„	=	13,5 „

Kurve Nr. 17. Der ruhig dasitzenden Versuchsperson wird bei *b* eine mit Salmiakgeist gefüllte Flasche vor die Nase gehalten; bei *c'* wird dieselbe wieder entfernt.

Die Atmung zeigt sofort eine Veränderung. Es folgt nach einem ganz flachen Atemzug ein längere Zeit anhaltender Atemstillstand. Erst einige Zeit nach Entfernung des Reizes wird die Atmung wieder eine regelmäßige.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b	3	Atemzüge	= 84	mm
	1	„	= 28	„
jenseits *d*	3	„	= 88	„
	1	„	= 29,3	„

Das Armvolumen zeigt vor der Einwirkung des Reizes leichte rhythmische Schwankungen. Der Reiz selbst bedingt zunächst einen leichten Anstieg des Armvolumens von *b—c*, darauf einen bedeutenden Abfall bis *d*, dann zeigt sich wieder eine leichte Volumenszunahme bis nach *e* hin, ohne daß jedoch das Armvolumen die vor der Einwirkung des Reizes bestehende Höhe erreicht.

Messung der Pulslänge:

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—f*	
Anzahl	21	4	11	17	7	
Länge	7,09	7,25	6,82	6,94	7,29	mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt:

a—b =	5,2	5,5	6,0	Mittel	= 5,6	mm
b—c =	6,0	5,2	5,0	„	= 5,3	„
c—d =	5,0	4,5	4,9	„	= 4,8	„
d—e =	4,8	4,8	4,2	„	= 4.6	„
e—f =	5,0	4,2	4,3	„	= 4,5	„

Das Gehirnvolumen zeigt unter der Einwirkung des Reizes einen unbedeutenden Anstieg bis *c*, dasselbe erhält sich dann auf ziemlich konstanter Höhe, sinkt zwischen *c* und *d* bei *x* plötzlich ab, um sofort wieder anzusteigen. In der Strecke zwischen *d* und *f* zeigt dasselbe unregelmäßige Schwankungen. Hervorzuheben ist vor allem, daß einem Absinken des Arm-

volumens zwischen *x* und *d* ein Hochstand des Gehirnvolumens gegenübersteht.

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—*b* =	9,2	9,0	9,0	Mittel =	9,1	mm
b—*c* =	9,0	7,8	7,8	„ =	8,2	„
c—*d* =	9,0	9,2	9,5	„ =	9,2	„
d—*e* =	11,2	10,2	10,5	„ =	10,6	„
e—*f* =	10,8	8,6	10,2	„ =	9,9	„

Das Gehirnvolumen bietet in seinen Pulsformen und in der Pulsationshöhe keine Abweichungen dar, die nicht auf die einfache Aufmerksamkeitsreaktion zurückzuführen wären. Auch ist die Gehirnkurve durch Veränderung der Atmung modifiziert, was zu Vorsicht bei der weiteren Deutung dieser Versuche mahnt. Die Kurve hat trotzdem ebenso wie mehrere von den anderen nur Aufnahme gefunden, um als Vergleichsobjekt bei den gleichen im Zustand der Spannung angestellten Versuchen zu dienen.

Kurve Nr. 15. Bei der ruhig dasitzenden Versuchsperson wird Äthylchlorid auf den entblößten linken Unterarm gesprayt. Die Einwirkung des Reizes beginnt bei *b*. Bis *e* ist dieselbe soweit gediehen, daß eine weißgefrorene Stelle an dem Unterarm auftritt. Es wird nun das Äthylchlorid entfernt.

Die Atemfrequenz beträgt vor der Einführung des Reizes auf der Strecke:

a—*b*	3	Atemzüge	=	86	mm
	1	„	=	27	„
b—*e*	4	„	=	124	„
	1	„	=	31	„

Das Armvolumen bietet schon vor der Einwirkung des Reizes ausgeprägte Schwankungen dar, bleibt aber dann von *a'* an ziemlich auf konstanter Höhe. Unter der Einwirkung des Reizes steigt das Volumen bis *c* an und fällt dann ganz erheblich bis *d* ab. Es erfolgt dann ein erneuter Anstieg, so daß bei *f* das gleiche Volumen wie vor Einwirkung des Reizes erreicht wird. Das Volumen steigt dann noch weiter ganz allmählich an,

um bei *g* endlich seine maximale Höhe zu erreichen, auf der es stehen bleibt.

Bestimmung der Pulslänge:

Phase	*a'—b*	*b—c*	*c—d*	*d—f*	*f—g*
Anzahl	8	5	7	22	27
Länge	6,75	6,60	7,0	6,77	6,70 mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a'—b =	5,8	6,0	4,9	Mittel =	5,6 mm
b—c =	5,0	4,8	4,9	„ =	4,9 „
c—d =	3,0	3,9	3,5	„ =	3,5 „
d—f =	4,0	3,1	4,0	„ =	3,7 „
f—g =	3,9	4,0	4,1	„ =	4,0 „

Das Gehirnvolumen, das schon die in der Strecke *a—b* statthabenden Volumenschwankungen des Armes deutlich mitmacht, läßt nur mit Mühe von *b—c* einen minimalen Anstieg und dann einen geringen Abfall bis *d* erkennen, in der Folge bleibt dann das Gehirnvolumen ziemlich konstant.

Die mittleren Pulsationshöhen betragen in der Strecke:

a'—b =	9,0	9,2	9,0	Mittel =	9,1 mm
b—c =	9,2	8,0	8,2	„ =	8,5 „
c—d =	8,2	7,9	8,8	„ =	8,3 „
d—f =	9,2	9,5	9,5	„ =	9,4 „
f—g =	9,2	9,8	9,6	„ =	9,5 „

Es ergibt sich daraus, daß unter dem Einfluß des Reizes die Pulsationshöhe des Gehirns in der Strecke *b—c* eine geringe Abnahme erfährt, die auch während der weiteren Einwirkung des Reizes bestehen bleibt. Erst in der Srecke *d—f* nimmt die Pulsationshöhe wieder zu. Die Abnahme der Pulsationshöhe des Gehirns, welche allerdings nur sehr unbedeutend ist, in den Strecken *b—c* und *c—d* steht in einem deutlichen Gegensatz mit den vorangehenden Kurven. Weitere Schlußfolgerungen möchte ich jedoch aus diesem Versuche deshalb nicht ziehen, da Kältereize überhaupt sehr komplizierte physiologische Wirkungen hervorzurufen imstande sind.

Im übrigen ergeben die Kurven das übereinstimmende Resultat einer Zunahme des Gehirnvolumens und der Pulsationshöhe

desselben unter der Einwirkung intellektueller Arbeit und verschiedener unbetonter Reize, wobei die Reize eine energischere Wirkung entfalten als die intellektuellen Prozesse, und wir können diese Ergebnisse in den Satz zusammenfassen:

Satz III. Die willkürliche Konzentration der Aufmerksamkeit auf einen Sinnesreiz geht mit einer Zunahme des Gehirnvolumens und einer Steigerung der Pulsationshöhe desselben einher, wobei letztere die Volumenzunahme und den Sinnesreiz zeitlich erheblich überdauert. Die durch die Konzentration der Aufmerksamkeit auf Sinnesreize hervorgerufenen Veränderungen an der Gehirnkurve scheinen die durch psychische Arbeit veranlaßten an Intensität zu übertreffen.

b) Erschrecken.

Ebenfalls in Anlehnung an Lehmann gehen wir nunmehr zu der Betrachtung der Einwirkung des Erschreckens auf die Hirnzirkulation über, behalten uns jedoch vor, auf die hier erörterten Kurven, die die einzigen von meinen unter einem Affektvorgang aufgenommen darstellen, später nochmals zurückzukommen. Die von Lehmann gemachten Befunde sind folgende (p. 75): „Die durch einen starken und plötzlichen Reiz hervorgerufene unwillkürliche und unlustbetonte Fesselung der Aufmerksamkeit (das Erschrecken) influiert gewöhnlich nicht auf die Atmung, abgesehen davon, daß eine kurze Kontraktion gewisser willkürlicher Muskeln sich auch in der Atembewegung verraten kann. Das Armvolumen zeigt gewöhnlich erst eine geringe Neigung zum Steigen, darauf Senkung und dann Steigung bis zur Norm. Während die ersten Pulse nach der Reizung meistens verkürzt sind, wird der Zustand sonst als Gesamtheit durch Pulsverlängerung charakterisiert; diese tritt in den Volumsenkungen wieder entschiedener hervor als in den Steigungen."

Vergleichen wir damit die von uns festgestellten Erscheinungen, die sich auf zwei Beobachtungen über die Ein-

wirkung eines plötzlich im Laboratorium fallenden Revolverschusses beziehen. Die Zeit der Reizeinwirkung ist aus den Kurven selbst sofort zu ersehen.

Kurve Nr. 18. Revolverschuß. Durch das Zusammenfahren der vollständig unvorbereiteten Versuchsperson wird der Arm im Plethysmographen bewegt und gerät der Schreibhebel außer Kontakt mit dem Zylinder. Auch der Schreibhebel des Gehirnvolumens war durch die heftige Körperbewegung beim Schuß selbst und unmittelbar nach demselben außer Berührung mit der Schreibfläche geraten. Nach einer Strecke von 82 mm nach dem Schuß (dieselbe entspricht einem Zeitraum von 8,6 Sekunden) beginnen die Aufzeichnungen der Gehirnpulsationen wieder. Die Atemkurve ist während der ganzen Zeit verzeichnet worden.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b	4 Atemzüge	=	110	mm
	1 Atemzug	=	27,5	„

Nach dem Schuß folgen zwei tiefe Atemzüge:

2 Atemzüge	=	48	mm
1 „	=	24	„

Die Atmung bleibt unregelmäßig:

4 Atemzüge	=	100	mm
1 „	=	25	„

Vom Armvolumen kann nur vermutungsweise angegeben werden, daß es beträchtlich abzusinken scheint und erst allmählich wieder einen Anstieg erfährt.

Bestimmungen der Pulslänge:

Phase	*a—b*	*β—γ*
Anzahl	17	7
Länge	6,77	6,0 mm

Pulsationshöhe:

a—b	=	5,2	5,0	4,9	Mittel	=	5,0 mm
β—γ	=	0,9	1,2	1,0	„	=	1,0 „

Das Gehirnvolumen erfährt anscheinend einen Abfall nach dem Schuß. Seine Pulsationen können, da die Armkurve

aus den oben angeführten Gründen unvollständig verzeichnet ist, zur Bestimmung der Pulslänge verwendet worden:

Phase	*a—b*	*c'—R*	*R—d*
Anzahl	17	14	18
Länge	6,77	6,78	6,39 mm

Die durchschnittliche Pulsationshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	7,9	6,8	6,5	Mittel =	7,1 mm
c'—R =	16,5	20,2	18,5	„ =	18,4 „
R—d =	19,5	17,4	17,3	„ =	18,1 „

Ehe wir diese Kurve einer Besprechung unterziehen, wollen wir die ergänzende Kurve 19 betrachten.

Kurve Nr. 19. Ebenfalls Revolverschuß.

Die Atmung ist ziemlich gleichmäßig geschrieben, dagegen ist der das Armvolumen markierende Hebel beim Zusammenfahren im Augenblick des Schusses von der Schreibfläche abgeglitten und erreicht dieselbe erst nach 52 mm (= 5,5 Sekunden) wieder. Das Gehirnvolumen ist nur eine ganz kurze Strecke unmittelbar nach dem Schuß nicht verzeichnet. Kurve 19 und 18 kombinieren sich zu einem übersichtlichen Bild über die Zirkulationsverhältnisse im Schädel nach einem heftigen Schreck.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b 3 Atemzüge = 73 mm
1 Atemzug = 24,3 „

Jenseits *b* ist die Atmung sehr unregelmäßig, bald beschleunigt, bald aussetzend:

7 Atemzüge = 168 mm
1 Atemzug = 24 „

Die Armvolumkurve zeigt folgende Pulslängen:

Phase	*a—b*	*c'—d*	*e—f*	*g—h*
Anzahl	15	11	5	9
Länge	7,0	7,18	8,2	7,77 mm

Das Armvolumen scheint nach dem Schuß erheblich vermindert, jedoch ist nicht mit Sicherheit zu entscheiden, wieviel

auf eine eventuelle Verschiebung des Armes im Plethysmographen beim Zusammenfahren infolge des Schusses zurückzuführen ist

Die durchschnittliche Pulshöhe beträgt:

a—b =	5,9	5,0	5,0	Mittel	= 5,3	mm
c'—d =	5,9	5,6	5,0	„	= 5,5	„
e—f =	4,0	3,4	3,9	„	= 3,8	„
g—h =	3,0	2,5	2,5	„	= 2,7	„

In der Folge sinkt die Pulshöhe noch weiter ab.

Das Gehirnvolumen zeigt zunächst in der Höhe von *c—c'* eine geringe Zunahme, von *R* an erfolgt bis *h* ein langsames, aber stetiges Absinken desselben.

Die durchschnittliche Pulsationshöhe beträgt:

a—b =	7,2	6,5	5,0	Mittel	= 6,9	mm
c—c' =	2,5	3,1	2,9	„	= 2,8	„
c'—d (gegen *d* zu =)	11,2	11,2	10,0	„	= 10,7	„
e—f =	8,5	9,0	6,2	„	= 7,9	„
g—h =	10,8	10,0	10,2	„	= 10,3	„

Die Pulsationshöhe des Gehirns erfährt somit unmittelbar nach dem erschreckenden Ereignis eine etwa 10 Pulsschläge anhaltende, beträchtliche Abnahme bei gleichzeitiger Zunahme des Volumens. Es erfolgt dann eine ganz allmähliche Steigerung der Pulsationshöhe, so daß dieselbe nach weiteren sechs Pulsschlägen die in der Normalstrecke bestehende Pulsationshöhe erreicht hat. Die Pulsationshöhe steigt dann weiter noch an und erreicht bei *d* ein Maximum. Es folgen dann zwei unregelmäßige Pulsschläge und darauf wieder ein allmähliches Anwachsen der Gehirnpulsation von niedrigen Anfängen an bis zu einem neuen, bereits nach fünf Pulsschlägen erreichten Maximum bei *e*. Jenseits *e* erfolgt wieder ein allmähliches Anschwellen der Pulsationshöhe, ohne daß es jedoch zur Ausbildung eines eigentlichen Kulminationsqunktes wie bei *d* und *e* käme. Die diesen Vorgängen zugrunde liegende wellenartige Steigerung scheint sich bei ihrem dritten Auftreten zu verflachen und so allmählich auszuklingen. Aus der Gehirnvolumkurve läßt sich auch annähernd die Puls-

frequenz unmittelbar nach dem Schuß berechnen. Der Strecke *b'—c'* entsprechen 6 Pulse mit einer

Länge = 35 mm, also 1 Puls = 5,73 mm.

Fassen wir nun die Ergebnisse beider Kurven (18 und 19) ergänzend zusammen, so sehen wir, daß das Armvolumen nach dem erschreckenden Ereignis abzusinken scheint und seine Pulsationshöhe abnimmt. Das Gehirnvolumen dagegen erfährt unmittelbar nach dem Schuß eine geringe Zunahme, indem gleichzeitig die Pulsationshöhe ganz beträchtlich nachläßt. Es erfolgt dann ein Absinken des Gehirnvolumens unter zunehmender Steigerung der Pulsationshöhe, die wellenartig an- und abschwillt, und zu ganz enormer Steigerung derselben wie bei *R* in Kurve 18 und *b* und *d* in Kurve 19 führt. Die Ausschläge in Kurve 18 sind größere als in der Kurve 19 und dies ist auch vollständig erklärlich, indem die nichtsahnende Versuchsperson beim ersten Male, als plötzlich im Laboratorium ein Revolverschuß fiel, ungleich viel mehr erschrak, als bei der drei Tage später vorgenommenen Wiederholung dieses Versuches. Die Vergleichung der Pulslängen ergibt, wenn wir das Gehirnvolumen in Kurve 19 zu Hilfe nehmen, unmittelbar nach dem Schuß eine erhebliche Verkürzung mit nachfolgender zunächst unbedeutender, dann stärker hervortretender Pulsverlängerung, ganz entsprechend den von Lehmann gemachten Angaben. Die von Lehmann über das Armvolumen mitgeteilten Befunde können infolge der Mangelhaftigkeit meiner beiden Kurven nicht bestätigt werden.

Von den in der Literatur niedergelegten Befunden ist nur zu erwähnen, daß Gent die gleichen, die Schlagfolge des Pulses betreffenden Beobachtungen bei den asthenischen Unlustaffekten (l. c. p. 784) gemacht hat, und um einen solchen handelt es sich auch im vorliegenden Falle in der Tat, denn die Versuchsperson gab an, daß in beiden Fällen der Schreck mit einem Unlustgefühl verbunden gewesen sei. Brodmann teilt in seiner oben schon mehrfach zitierten Arbeit hierher gehörige Beobachtungen mit, die aber insofern etwas schwieriger zu deuten sind, da es sich

um die Summation der Wirkungen des Schrecks mit den Erscheinungen des Erwachens aus dem Schlafe handelt. Er hat beobachtet, „daß am Gehirn auf den schmerzhaften Weckreiz eine momentane Vasokonstriktion mit nachfolgender Erschlaffung der Gefäße, am Arm dagegen eine starke Vasodilatation mit späterer Gefäßverengerung eintritt“ (p. 51). Die von ihm mitgeteilte Kurve, Taf. IV B, ist leider durch das Zusammenfahren des Patienten etwas verunstaltet, läßt aber deutlich die Abnahme der Pulsationshöhe des Gehirns erkennen.

Die Kurven 18 und 19 sind auch vom praktischen medizinischen Gesichtspunkt nicht ohne Interesse, insofern als sie uns die gewaltige Einwirkung eines Schrecks auf die Hirnzirkulation erkennen lassen. Bekanntlich sind unter der Einwirkung des Schrecks plötzliche Todesfälle beobachtet worden, die zum Teil durch intrazerebrale Gefäßzerreißungen hervorgerufen sind, was nach einem Blick auf unsere zwei Kurven und die auf denselben zu konstatierenden gewaltigen Druckschwankungen im Gehirn bei nicht ganz intakten, vielleicht atheromatösen Gefäßen sehr plausibel erscheint. Andere Todesfälle lassen aber bei der Sektion keinen objektiven Befund erheben, es „gelingt nicht, die gesprungene Saite“, wie Domrich sagt, zu finden; für die Erklärung dieser Fälle gibt die beobachtete Pulsverlangsamung, die sich erst eine Zeitlang nach Einwirkung des Reizes einstellt, einen Fingerzeig, sie ist der Ausdruck einer Vagusreizung, einer Reizung des Vaguszentrums. Auch über den Mechanismus dieser Reizung gibt uns die Kurve 19 Auskunft, die nächste Wirkung des Reizes ist eine starke Kontraktion der Hirngefäße, die sich wahrscheinauch auf die Endäste derselben erstreckt. Die Kontraktion der Gehirngefäße ist nach Kurve 19 schon 1,5″ nach Einwirkung des Reizes nachweisbar und erreicht etwa 4″ nach demselben ihr Maximum, während bereits an den Gefäßen der Peripherie, wie dies die unvollständig gezeichnete Pulswelle des Armes bei *c* anzeigt, eine Erschlaffung eingetreten ist. Die plötzliche Herabsetzung der Blutzufuhr bedingt eine Reizung des Vaguszentrums

und den dadurch eventuell eintretenden Tod. Also auch die Gehirngefäße beteiligen sich an der im Schreck an den peripherischen Arterien beobachteten Kontraktion und zeigen dann auch eine Erschlaffung. Es ist natürlich naheliegend, eine Reihe psychischer Symptome des plötzlichen Schrecks, das anfängliche Abreißen der Gedankenkette und die später auftretenden sich überstürzenden Vorstellungen auf diese Zirkulationsveränderungen, die wir in den Kurven wahrnehmen, zurückzuführen, und ich glaube, daß ein derartiger Schluß bei der Kongruenz der physischen und psychischen Symptome, wie wir sie im vorliegenden Falle sehen und wie sie die Versuchsperson selbst angibt, erlaubt ist.

Die hier mitgeteilten Beobachtungen fassen wir, soweit sie die Gehirnkurve betreffen, in folgendem Schlußsatz zusammen:

Satz IV. Ein heftiger Schreck geht mit einer fast momentan einsetzenden hochgradigen Kontraktion der Gehirngefäße einher, wobei das Gehirnvolumen vermehrt erscheint. Nach wenigen Sekunden erfolgt eine vollständige Erschlaffung der Gehirngefäße und eine Abnahme des Gehirnvolumens.

c) Spannung.

Jedem, der eine größere Reihe von plethysmographischen Kurven aufgenommen hat, wird die eigentümliche, ohne jede äußere Veranlassung an einem oder dem anderen Versuchstag auftretende, von sonstigen Befunden abweichende Reaktionsweise der Volumkurve bekannt sein, die Lehmann auf den Zustand der Spannung zurückführt. Er schreibt p. 89: „Während der Spannung, der gespannten Erwartung, ist das Armvolumen stets vermindert mit geringer Pulshöhe. Übrigens ist der Zustand am besten an der Weise zu erkennen, wie die Reaktion gegen verschiedene Reize vorgeht. Ist die Spannung sehr stark, so wird ein äußerer Reiz gewöhnlich nur Veränderungen der Frequenz des Herzens hervorrufen, während das Volumen und die Pulshöhe ganz unverändert bleiben. Bei geringer

Spannung wird ein Reiz meistens ein Steigen des Volumens bewirken, das sich sogleich wieder verliert. Hört endlich die Spannung aus irgend einer Ursache auf, so steigt das Volumen langsam mit wachsender Pulshöhe. Eine konstante Veränderung der Frequenz des Herzschlages wird nicht durch die Spannung erzeugt; die Pulslänge kann bald größer, bald kleiner als die Norm sein, weicht aber stets nur wenig von dieser ab."

An einem Versuchstag boten die Kurven die eben geschilderten Eigentümlichkeiten in der Normalstrecke sehr ausgeprägt dar und ich hoffte, die Spannungszustände in ihrer Einwirkung auf die Gehirnzirkulation näher studieren zu können. Es wurden daher die verschiedensten Reize, wie sie vorher im Normalzustand appliziert worden waren, wiederholt, merkwürdigerweise ergab aber heute die nachträgliche Befragung der Versuchsperson, daß ihr sonst indifferente Reize und wie wir aus den Kurven 14, 16, 17 und 15 gesehen haben, war ihre Toleranz sehr groß, ganz entschiedene Unlust hervorriefen. Ich bin daher in einiger Verlegenheit, Kurven mit reiner Spannung zu demonstrieren, und es bleibt eigentlich nach Ausschaltung dieser Versuche nur eine Kurve übrig.

Kurve Nr. 33. Der Versuchsperson wird wie in Kurve 6 eine Rechenaufgabe gestellt und, zwar soll sie 154 — 83 berechnen.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—*b*	3 Atemzüge	=	85	mm
	1 Atemzug	=	28,3	„
b—*c*	3 Atemzüge	=	72	„
	1 Atemzug	=	24	„
jenseits *c*	3 Atemzüge	=	80	„
	1 Atemzug	=	26,7	„

Während der Phase *a*—*b* sinkt das Armvolumen etwas ab; unter dem Einfluß der geistigen Arbeit, die von *b*—*c* geleistet wird, bleibt das Armvolumen ziemlich konstant und erst jenseits *c* erfolgt ein unbedeutender Abfall der Armkurve mit darauffolgendem Anstieg.

Die Bestimmung der Pulslänge ergibt:

Phase	*a—b*	*b—?*	*?—c*	*c—d*	
Anzahl	13	5	9	13	
Länge	7,30	7,0	7,0	7,30	mm

Die durchschnittliche Pulshöhe beträgt:

a—b =	4,2	3,5	3,4	Mittel =	3,7	mm
b—c =	3,0	3,1	3,0	„ =	3,0	„
c—d =	3,5	3,2	3,5	„ =	3,4	„

Das Gehirnvolumen zeigt während der ganzen Zeit der psychischen Arbeit und nach derselben einen unbedeutenden Anstieg.

Die durchschnittliche Pulsationshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	12,0	11,9	9,8	Mittel =	11,23	mm
b—c =	10,0	9,0	10,2	„ =	9,73	„
c—d =	9,0	11,2	9,8	„ =	10,0	„

Die Pulsationshöhe des Gehirns nimmt in dieser Kurve während der geistigen Arbeit bei bestehender Spannung unbedeutend ab, während die früher mitgeteilten Kurven im normalen Zustand eine deutliche Zunahme der Pulsationshöhe ergeben hatten.

Zu der Beurteilung dieser Kurve müssen wir noch folgenden Satz von Lehmann heranziehen (p. 101): „Während einer bestehenden Spannung wird jede neue Richtung der Aufmerksamkeit, sei sie nun willkürlich oder unwillkürlich bestimmt, durch eine Volumveränderung zum Ausdruck kommen, die als Resultante zweier gleichzeitiger Änderungstendenzen aufzufassen ist, nämlich 1. der Volumveränderung, welche die neue Konzentration der Aufmerksamkeit für sich allein hervorbringen würde, und 2. der Volumsteigung, welche eine Folge der Verminderung der gleichzeitigen Spannung ist. Bei maximaler Spannung heben die beiden Kräfte sich gewöhnlich gegenseitig auf, so daß das Volumen annähernd unverändert bleibt; bei schwächerer Spannung gewahrt man ein vorübergehendes Steigen des Volumens, das bei fernerer Verminderung der Spannung einem Sinken weicht. Bei maximaler Spannung wird die Änderung der Aufmerksamkeit von einer äußerst geringen Pulsverkürzung

begleitet, bei schwächerer Spannung findet fast immer Pulsverlängerung statt".

Nach diesen von Lehmann gezeichneten charakteristischen Erscheinungen hätten wir es hier mit einem starken Spannungszustand (keine Volumveränderung und Pulsverkürzung) zu tun, jedoch scheint die Pulsverkürzung nicht bloß äußerst gering, sondern ganz deutlich, was eventuell gegen diese Deutung sprechen könnte. Gent beschreibt in seiner von uns oft zitierten Arbeit ein chronisches Spannungsgefühl, das durch chronisch niedriges Niveau der Volumkurve mit möglichen leichten Schwankungen, Pulsverlängerung der ganzen Reizphase und Pulserniedrigung charakterisiert ist (p. 735). Die Kurve 33 zeigt unter der Einwirkung des Reizes eine deutliche Pulsverkürzung und paßt somit nicht in die von Gent gezeichneten chronischen Spannungszustände, und man könnte sich versucht fühlen, diese Kurve als Zustand von Spannung mit Unlust aufzufassen, obwohl die Versuchsperson Unlust in Abrede stellt. Hinweisen möchte ich noch darauf, daß die Lösung der hier gestellten Aufgabe im Vergleich zu Kurve 5 unverhältnismäßig lange Zeit beansprucht, was mir auch neben dem Verhalten der Hirnkurve, auf welches wir später nochmals zurückkommen müssen, gegen einen reinen Spannungszustand in dieser Kurve 33 zu sprechen scheint.

Gerade das Studium der reinen Spannungszustände schien mir deshalb psychiatrisch interessant, da ich bei plethysmographischen Untersuchungen an Geisteskranken, und zwar bei den Katatonikern (an Dementia praecox Leidenden) im stuporösen Zustand den von Lehmann mitgeteilten ganz analoge Kurven, die keine oder abnorme Reaktionen auf Reize erkennen lassen, beobachten konnte. Gelingt es, den stuporösen Zustand dieser Kranken etwa durch Anwendung von Medikamenten (wie Kokain subkutan oder besser Amylenhydrat in kleinen Dosen per os) aufzuheben, so treten nunmehr bei den Kranken die normalen Reaktionen an der Armvolumkurve, z. B. bei Schmerzreizen, auf. Vielleicht gestatten uns diese Untersuchungen später einmal,

Schlüsse über den rätselhaften Zustand des Zentralnervensystems der stuporösen Katatoniker zu ziehen, z. Z. scheint mir das verfrüht und ich will daher nicht auf die zahlreichen mir vorliegenden Kurven von diesen Kranken eingehen, da dieselben eine ausreichende Deutung nicht zulassen.

Übrigens werden wir bei der Betrachtung der Gefühlswirkungen auf die so häufige Kombination der Gefühle mit Spannungszuständen und namentlich mit Unlustgefühlen zurückkommen müssen. Die bisherigen Ergebnisse sind:

Satz V. Der von Lehmann als Spannung bezeichnete Zustand scheint nicht mit Veränderungen an der Gehirnkurve, weder in bezug auf das Volumen noch auf seine Pulsationshöhe einherzugehen.

3. Gefühle.

a) Unlust.

Zweckmäßig trennen wir die einzelnen Versuche weiter in solche, in denen es sich um einfache unlustbetonte Empfindungen, um deprimierte Stimmungen und um die Kombination von Spannungszuständen mit Unlust handelt.

α) Einfache Unlust.

Wie schon oben hervorgehoben und wie dies auch Lehmann beobachtet hat, rief bei meinen Versuchen eine ganze Reihe von Reizen, die nach dem Erwarten mit Unlust verbunden sein sollten, nur die einfache Aufmerksamkeitsreaktion hervor und wurden von der Versuchsperson als indifferent bezeichnet (vergl. p. 94 ff., Kurve 14, 16, 17 u. 15), die deshalb oben ihre Besprechung erfahren haben. Lehmann kommt bezüglich der physischen Begleiterscheinungen der Unlust zu folgendem Resultat (p. 116): „Stark unlustbetonte Empfindungen bewirken sogleich ein Stocken der Atmung, gefolgt von einigen tiefen Atemzügen, worauf diese mehr oder weniger unregelmäßig wird. Das Volumen zeigt starke und oft anhaltende Senkung mit bedeutender Abnahme sowohl der Pulshöhe als der Pulslänge. Wenn das Volumen

wieder steigt, beginnt auch die Pulshöhe zuzunehmen und diese überschreitet oft die Norm, wenn das Volumen sein ursprüngliches Niveau erreicht hat. Bei schwächerer Unlust fängt die Pulshöhe ebenfalls zu wachsen an, wenn das Volumen steigt; ist die Unlust eine sehr starke, so nimmt die Pulslänge während der ersten Steigung noch ferner ab, fängt aber regelmäßig zu wachsen an, bevor das Volumen sein ursprüngliches Niveau erreicht hat, die Pulslänge ist jedoch hier gewöhnlich noch bedeutend kleiner als die Norm."

Sehen wir unter Berücksichtigung dieser von Lehmann gegebenen Charakteristika, denen alle Nachuntersucher beistimmen, unsere Kurven, bei denen die Versuchsperson nach dem Versuch auf Befragen angab, Unlust empfunden zu haben, an:

Kurve Nr. 25. Die ruhig dasitzende Versuchsperson, der vor Beginn des Versuches mitgeteilt wurde, sie möge auf Aufforderung ihre Zunge herausstrecken, damit ihr mit einem Pinsel eine stark schmeckende Substanz auf die Zunge gebracht werde, befolgte die ihr gegebenen Anordnungen in gewünschter Weise. Kurz vor *b* wird ihr eine konzentrierte wässerige Lösung von Chininum hydrochloricum auf die Zunge gebracht und bei der Marke *b* erfolgt das Zurückziehen der Zunge in den Mund. Aus ihrem Mienenspiel geht unzweifelhaft hervor, daß das Chinin bei ihr einen unangenehmen Geschmackeindruck, der sich von Zeit zu Zeit stärker geltend macht, hervorruft.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—*b* 3 Atemzüge = 72 mm
1 „ = 24 „

bei *b* erfolgt die Applikation des Chinins, die Atmung wird flach und unregelmäßig, dann nach 3 Atemzügen nimmt die Atemtiefe zu. In der Höhe von *d*—*e* beträgt die Atemfrequenz:

4 Atemzüge = 104 mm
1 „ = 26 „

Das Armvolumen, das vorher nur unbedeutende Volumenschwankungen darbietet, steigt unter der Einwirkung des Reizes

zunächst etwas an, fällt dann jäh von *c* an bis *d* ab, steigt dann ganz allmählich bis *e* wieder an, um dort einen ganz jähen Abfall zu erfahren. Es erfolgt dann wieder ein allmählicher Anstieg bis *R*. Jenseits *R* erfolgt wieder ein Abfall zunächst geringeren Grades und dann ein sehr jäher Abfall bei *f*. Auch jetzt nimmt das Volumen des Armes wieder allmählich zu, um nach einem Gipfelpunkt bei *h* einen neuen, aber weniger steilen Abfall darzubieten. Wir glauben nicht fehl zu gehen, wenn wir annehmen, daß die Abstürze bei *e* jenseits *R*, bei *f*, bei *h* durch die immer wieder von neuem auftauchende, und von Zeit zu Zeit stärker anschwellende, unangenehme Geschmacksempfindung bedingt sind.

Bestimmungen der Pulslänge:

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—R*	*f—h*	
Anzahl	15	6	5	16	20	20	
Länge	6,93	6,92	7,20	6,81	6,70	6,95	mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	5,5	5,6	5,8	Mittel	= 5,6	mm
b—c =	4,3	4,0	4,4	„	= 4,2	„
c—d =	4,6	4,2	4,0	„	= 4,3	„
d—e =	5,0	5,6	5,3	„	= 5,3	„
e—R =	5,0	6,0	5,3	„	= 5,4	„
f—h =	2,3	3,8	3,2	„	= 3,1	„

Überblicken wir die Pulsationshöhe, so finden wir beim Betrachten der Kurve, daß dieselbe nach dem jeweiligen Fallen bis zu dem nächsten Höhepunkt, wie bei *e* und bei *R* stetig zunimmt, zwischen *R* und *f* treten eigentümliche unregelmäßige Pulsbewegungen am Armvolumen auf und jenseits *f* setzen endgültig auffallend niedrige Pulsationshöhen mit veränderter Pulsform ein, die wohl die nun endlich nach wiederholtem Hin- und Herschwanken aufgetretene geringe Unlustreaktion am Armvolumen darstellen.

Das Gehirnvolumen, das in der Strecke *a—b* keine besondere Schwankung darbietet, zeigt unter der Einwirkung des Geschmacksreizes eigentümliche Pulsformen, so beim dritten Puls jenseits *b*. Auch der nächste Pulsschlag ist eigentümlich gestaltet und erst die sechste Pulsation bietet wieder eine annähernd nor-

male Form dar. Hinter *c* werden die Pulsformen wieder verändert und erst beim fünften Pulsschlag hinter *c* tritt wieder eine annähernd normale Pulsform auf. Das Gehirnvolumen schwankt zunächst in der Strecke *b—c*, *c—d* und *d—e* — in der letzteren ist die Atmung regelmäßig — ganz erheblich auf und ab, so daß von einem konstanten Verhalten desselben nicht die Rede sein kann. Erst jenseits *e* macht sich ein erheblicherer und anhaltenderer Volumenanstieg zwischen *e* und ✳ *y* geltend, aber auch diese Volumenzunahme ist keine konstante; erst in der Strecke *f—h*, namentlich von *x* an, ist das Gehirnvolumen dauernd ein größeres wie vor der Applikation des unangenehmen Reizes. Genauere Messungen der Pulsationshöhen lassen sich in dieser Kurve bei den starken Schwankungen derselben nur sehr ungenau durchführen. Wichtig ist nur die relative Pulshöhe in der Strecke *a—b* und *f—h*:

a—b =	9,0	8,5	8,2	Mittel =	8,6 mm
f—h =	6,2	7,0	7,0	„ =	6,7 „

Die weitere Betrachtung der Pulsformen ergibt noch folgendes: Unter der Einwirkung des unangenehmen Reizes, der bei *b* appliziert wird, zeigen nach kurzer Zeit die Formen der Pulswelle eine wesentliche Veränderung. So erreicht bei der mit einem Stern (✳) markierten dritten Pulswelle hinter *b* die dikrotische Welle *r* eine größere Höhe als die primäre Erhebung. Bei dem vierten Pulsschlag ist die Welle *r* wieder wesentlich tiefer als die primäre Welle, jedoch immer noch viel ausgeprägter als an den Pulsschlägen vor Einwirkung des Reizes. Der fünfte und sechste Pulsschlag nähern sich wieder der normalen Form, jedoch zeigt sich an dem letzteren ein deutlicher Anakrotismus. Bei der ersten Pulsation nach *c* ist die dikrotische Welle wieder auffallend hoch hinaufgerückt, bei dem zweiten und dritten nun folgenden Pulsschlag imponiert die sehr ausgeprägt auftretende Welle *r* als selbständige Welle, wobei gleichzeitig die primäre Erhebung auffallend flach ist. Erst von dem fünften Pulsschlag nach *c* ab zeigen sich dieselben Pulsformen, wie vor Einwirkung des Reizes.

Bei $\ast\, a$ tritt wieder eine auffallend hoch oben im katakroten Schenkel einsetzende dikrotische Welle auf. Der nächste Pulsschlag zeigt eine sehr kleine, weit von dem primären Gipfel getrennte Welle *r*. Die übernächste Pulsation *w* zeigt einen ausgeprägten anakroten Typus mit freistehender dikrotischer Welle. Auf sie folgt die sehr eigentümliche Pulsation $\ast\, \beta$, die in ihrer Form an den Pulsschlag 3 hinter *b* erinnert, bei ihr erreicht die Welle *r* dieselbe Höhe wie der primäre Gipfel. Auf sie folgt eine Pulsation *z*, bei der sich eine dikrotische Erhebung kaum nachweisen läßt. Es folgen dann wieder einige unregelmäßige Pulsationen; erst drei Pulsschläge hinter *z* setzen normale Pulsformen ein. Bei $\ast\, \gamma$ zeigen sich wieder unregelmäßig gestaltete Pulse, nach einem jähen Abfall des Volumens bei $\ast\, \delta$ beginnen gleichmäßige Pulsformen, nur noch bei *x* jenseits *f* tritt eine auffallend niedrige Pulsation, aber ohne sonstige Abnormitäten, ein.

Wenn man die sehr ausgeprägten Abnormitäten der Pulsformen der Gehirnvolumenkurve mit den Pulsationen des Armvolumens vergleicht, so kommt man zu dem Schluß, daß diese häufigen Variationen der Pulsformen nicht durch primäre Veränderungen in der Schlagfolge und Schlaggröße des Herzens ihren Grund haben können, da dieselben sonst auch am Armvolumen auftreten müßten. Sie können nur durch Veränderungen des Innervationszustandes der Gehirngefäße hervorgerufen sein. Es macht den Eindruck, als ob ein ständiger Wechsel zwischen Erschlaffung und Kontraktion der Hirngefäße stattfände. Bei der Pulsation $\ast$, der dritten jenseits *b*, zeigt die hoch hinaufgerückte dikrotische Welle eine vollständige Erschlaffung der Gehirngefäße an. Bei der nächsten Pulsation 4 ist dieselbe bereits in einen Kontraktionszustand umgeschlagen, der in den nächsten Pulsschlägen an Intensität zunimmt; die Pulsatien 5 zeigt einen flachen Gipfel, die Welle *r* ist sehr klein. Pulsation 6 zeigt Anakrotismus und eine kaum nachweisbare dikrotische Welle, bei ihr hat also die Kontraktion ihren Höhepunkt erreicht und nun beginnt von neuem die Erschlaffung. Die nächste Pulsation,

die 1. nach *c*, zeigt eine hoch hinaufgerückte Welle *r*. Bei den folgenden Pulsationen 2 und 3 tritt dieselbe wieder als selbständiger Gipfel auf. Von Pulsation 5 an scheinen die Innervationsverhältnisse der Gehirngefäße wieder annähernd normal. Bei $* \alpha$ treten wieder die Anzeichen einer Erschlaffung der cerebralen Gefäße ein, jedoch schon bei der nächsten Pulsation *v* gewinnt die Kontraktion wieder die Oberhand. Die übernächste Pulsation *w* zeigt wieder eine anakrote Form und weitgetrennte dikrotische Welle, es besteht also hier wieder starke Kontraktion der Gehirngefäße. Schon beim nächsten Pulsschlag $* \beta$ scheinen die Gehirngefäße wieder vollständig erschlafft, die darauffolgende Pulswelle *z* bietet die Erscheinungen einer intensiven Kontraktion mit kaum nachweisbarer Welle *r* dar. Die folgenden Pulsationen führen dann zu einem länger anhaltenden Innervationszustand. Fassen wir die Beobachtung an der durch einen unangenehmen Geschmacksreiz veränderten Gehirnkurve zusammen, so kommen wir zu folgenden Resultaten:

1. treten an den Gehirngefäßen ausgeprägte Schwankungen in ihrem Innervationszustand, ein Kampf zwischen Kontraktion und Erschlaffung, auf;
2. steigt schließlich dann, wenn sich an der Armkurve die Erscheinungen der Unlustreaktion finden, das Gehirnvolumen an; und
3. nimmt die Pulsationshöhe des Gehirns während des bestehenden geringen Unlustzustandes ab.

Bei Mosso (Kreislauf p. 206) finden wir ähnliche Pulsformen des Gehirns vor allem auf Taf. IX, Kurve 44, die dadurch hervorgerufen sind, daß der venöse Abfluß durch ein um den Hals gelegtes, die Jugulares komprimierendes Band gehemmt ist und es ist jedenfalls unsere Pflicht, zu erwägen, ob ähnliche mechanische Momente hier in Frage kommen könnten. Eine solche einfache mechanische Kompression ist natürlich ausgeschlossen und es käme eine Behinderung des venösen Abflusses durch Veränderung der Atmung in Betracht, was wohl für die

Strecke *b—d*, nicht aber für die Pulse vor *c* angeführt werden könnte, denn zwischen *d* und *e* ist die Atmung eine durchaus regelmäßige. Doch damit habe ich mich noch nicht beruhigt; es wäre denkbar, daß Schluckbewegungen der Versuchsperson durch Kontraktion der Halsmuskulatur doch eine Kompression der Halsvenen bedingten, aber auch diese glaube ich mit Sicherheit deshalb auszuschließen, da solche bei einer in Rückenlage befindlichen Versuchsperson infolge gleichzeitiger Aufwärtsbewegung der Bauchdecken beim Schluckakt auf die Membran des in der Herzgrube aufliegenden Pneumographen einzuwirken und einen Ausschlag an der Respirationskurve hervorzubringen pflegen und ferner auch vor allem, da durch interkurrente Schluckbewegungen die Atmung deutlich verändert wird, was die Strecke *d—e* nicht erkennen läßt. Also auch diese eventuellen mechanischen Momente kommen mit Sicherheit nicht in Betracht, ganz abgesehen davon, daß die Versuchsperson Schluckbewegungen in Abrede stellt.

In der eben betrachteten Kurve hat es sich nach den Angaben der Versuchsperson und auch nach den Erscheinungen an der Armkurve nur um einen geringen Unlustzustand gehandelt. Viel ausgeprägtere und intensivere Unlustzustände stellten sich bei den an sich indifferenten Versuchen an einem anderen Versuchstage ein. Die Versuchsperson hatte am Vormittag Zahnschmerzen gehabt, dieselben waren jedoch zur Zeit der nun folgenden Versuche, die am Nachmittag vorgenommen wurden, beseitigt, dagegen hatte die Versuchsperson trotz ihrer auf wiederholtes Befragen gegebenen Versicherungen offenbar keine Lust an den heutigen Experimenten und gab es auch nach den Versuchen offen zu.

Kurve Nr. 2e und 21. Ebenso wie auf Kurve 8 wird der Versuchsperson die Aufgabe gestellt, große und kleine Punkte zu zählen, deren Lösung heute für sie nach ihrer nachträglichen Angabe mit lebhafter Unlust verbunden ist.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b	3	Atemzüge	= 76	mm
	1	„	= 25,3	„
jenseits b	3	„	= 75	„
	1	„	= 25	„
jenseits c	3	„	= 86	„
	1	„	= 28,7	„

Das Armvolumen, das bereits in der Normalstrecke a—b im Sinken begriffen ist, sinkt von b ab, unbekümmert darum, daß nun eine geistige Arbeit einsetzt, weiter ab und die Pulse werden rasch stetig kleiner. Der Zustand bleibt während der ganzen geistigen Arbeit der gleiche und erst längere Zeit nach Vollendung der Arbeit tritt auf Kurve 21 eine Volumenzunahme ein.

Bestimmung der Pulslänge:

Phase	a'—b	b—R[1])	R—S	s—x	x—↓✳	c—d	d—e	e—f	
Anzahl	20	7	15	13	50	17	15	72	
Länge	7,35	7,57	7,87	7,15	7,24	7,06	7,33	7,2	mm

Die durchschnittliche Pulsationshöhe der Armkurve beträgt in der Strecke:

a—b =	3,5	3,2	3,9	Mittel	= 3,5	mm
bei s =	2,5	2,0	2,0	„	= 2,1	„
bei x =	2,0	2,0	2,0	„	= 2,0	„
bei ✳ =	1,5	1,2	1,2	„	= 1,3	„
bei d =	2,0	2,0	1,4	„	= 1,8	„
hinter e =	2,5	2,2	2,1	„	= 2,3	„
bei f =	2,5	2,0	2,0	„	= 2,1	„

Das Armvolumen, das während der geistigen Arbeit immer weiter abfällt, erreicht erst einige Sekunden nach Beendigung der gestellten Aufgabe zwischen c—d bei ? sein Minimum und steigt dann langsam bis d und von da bis e und f an; die Pulsationshöhe ist dauernd eine minimale und erreicht nirgends diejenige der Normalstrecke.

Das Gehirnvolumen steigt einige Zeit nach Beginn der geistigen Arbeit von R ab beträchtlich an und hält sich dann während der ganzen Dauer derselben auf gleichem Niveau und auch nach Lösung der Aufgabe, als die Armkurve bei e

1) Aus der Gehirnkurve berechnet.

und *f* einen beträchtlichen Anstieg zeigt, bleibt das Gehirnvolumen auf konstanter Höhe.

Diese Kurve zeigt also im ganzen eine gewisse Reziprozität zwischen Gehirn- und Armvolumen, wie sie bei den bisherigen Versuchen noch nicht hervorgetreten ist. Vor allem fällt jedoch an dieser Kurve die wohl mit dem Eintritt oder der Zunahme des Unlustzustandes einhergehende Pulsveränderung am Gehirn auf.

Die durchschnittliche Pulsationshöhe derselben beträgt in der Strecke:

a—b =	10,0	10,5	8,0	Mittel	= 9,5	mm
b—R =	8.0	8,5	7,9	„	= 8,1	„
bei *R* =	8,2			„	= 8,2	„
R—s =	3,5	4,2	2,0	„	= 3,2	„
bei *s* =	2,0	2,5	2,1	„	= 2,2	„
bei *x* =	4,0	4,0	3,0	„	= 3,7	„
bei * =	4,5	3,5	3,1	„	= 3,7	„
hinter *c* =	5,0	5,8	5,2	„	= 5,3	„
bei *d* =	2,5	4,5	3,5	„	= 3,5	„
bei *e* =	2,9	3,5	3,2	„	= 3,2	„
bei *f* =	4,0	3,9	3,0	„	= 3,6	„

Bei der Betrachtung der Pulsform fällt auf, daß bei *R* nach einem einmaligen hohen Puls mit sehr hoch hinaufgerückter dikrotischer Welle ganz plötzlich eine andere Pulsform mit langsam abfallenden katakroten Schenkeln einsetzt. Die Pulshöhe nimmt dann stetig ab, um etwa bei *s* ein Minimum zu erreichen, schwillt dann allmählich an und erreicht bei *x* nach 14 Pulsen ein Maximum, um dann wieder allmählich abzuschwellen. Dasselbe Spiel wiederholt sich noch mehrmals, so liegt z. B. wieder eine Pulsation vor * ein Maximum. Unmittelbar vor Beendigung der Aufgabe bei *c* hat es den Anschein, als ob die eigentümliche Veränderung der Gehirngefäße überwunden wird. Es erfolgen vier Pulse, bei denen die dikrotische Erhebung im katakroten Schenkel weiter nach unten gerückt ist. Nach dem vierten Pulsschlag bei *z* tritt aber die für den Unlustzustand charakteristische Pulsform wieder ein und im weiteren Verlauf der Kurve zeigt sich auch nach Lösung der Aufgabe ein rhyth-

mischen Schwanken in der Pulsationshöhe; so liegt bei *d* wieder ein Maximum, das aber bei weitem nicht die Pulsationshöhe unmittelbar nach *c* erreicht.

Vergleichen wir die Pulsationhöhe der Gehirn- und Armkurve, so entspricht dem Minimum der Pulsationshöhe des Gehirns bei *s* kein Minimum in der Armkurve. Dem hohen Puls des Gehirns bei *x* entspricht kein Maximum der Pulsationshöhe des Armvolumens bei *x*. Auch bezüglich der Volumina besteht das reziproke Verhältnis zwischen Arm und Gehirn nur im allgemeinen. Der Annäherung des Armvolumens bei * an die willkürlich eingezeichnete Nullinie entspricht keine höhere Erhebung des Gehirnvolumens über die Nullinie, sondern trotz des weiteren Abfalls des Armvolumens bleibt das Gehirnvolumen auf konstanter Höhe. Noch deutlicher tritt die unvollständige Reziprozität zwischen Arm- und Gehirnvolumen hervor, indem an der Stelle, wo das Armvolumen sein Minimum erreicht bei ?, das Gehirnvolum kein Maximum darbietet.

Die eigentümlichen, an den Gehirnpulsationen in dieser Kurve zu beobachtenden Erscheinungen können, wenn wir die in Kurve 25 mitgeteilten Beobachtungen berücksichtigen, nur als eine Kontraktion der Hirngefäße aufgefaßt werden. Wir sehen somit, daß intensivere Uulustzustände mit einer sehr ausgeprägten Veränderung der Gehirnkurve einhergehen, während sich diese Veränderung bei leichteren Graden dieser Zustände nur unvollkommen und periodisch an Intensität anschwellend zeigt.

Sehr interessant ist auch ein Vergleich der Kurve 20 und 21 mit Kurve 8, wo eine ganz gleiche (ebenso schwere) Aufgabe gestellt wurde. Hier kommt schon in den zeitlichen Verhältnissen, in der Zeit, die bis zur Lösung der Aufgabe verstreicht, gegenüber Kurve 8 die durch die Unlust, vielleicht auch durch die mit derselben einhergehenden Gefäßkontraktion veranlaßte Hemmung der psychischen Prozesse anschaulich und, wenn der Ausdruck erlaubt ist, graphisch zum Ausdruck.

In unmittelbarem Anschluß an diese Kurve, welche endlich die schon so lange gesuchte Unlustreaktion zu enthalten scheint, nahm ich die folgende Kurve auf, bei der die Versuchsperson wieder angab, daß ihr heute der sonst indifferente Stecknadelstich entschieden unangenehm gewesen sei.

Kurve Nr. 22. Bei der ruhig dasitzenden Versuchsperson wird bei *b* ein tiefer Nadelstich in den rechten Oberarm ausgeführt. Während sonst ein derartiger Reiz, wie aus Kurve 12 klar hervorgeht, lediglich die Aufmerksamkeitsreaktion mit leichtem Anstieg und nachfolgendem Abfall hervorruft, eventuell sogar, wie wir bald sehen werden, ohne jede Reaktion bleibt, zeigt in dieser Kurve das Armvolumen ein ganz erhebliches Absinken mit starker Verkleinerung der Pulshöhe. Erst viel später erfolgt ein Anstieg des Armvolumens. Diese ganz veränderte Reaktionsweise auf den gleichen Reiz wie in Kurve 12 kann nur die ziemlich intensive Unlustreaktion darstellen, da die Versuchsperson heute lebhafte Unlust empfindet.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b	3 Atemzüge	=	76 mm
	1 „	=	25,3 „
b—c	3 „	=	84 „
	1 „	=	28 „

Das Armvolumen zeigt folgende Pulslängen:

Phase	*a—b*	*b—R*	*R—c*	*c—d*	*d—e*
Anzahl	19	5	10	20	7
Länge	7,05	7,20	7,40	7,60	7,57 mm

Als Normalstrecke kann nur die Strecke *a'—b* in der unmittelbar vorher aufgenommenen Kurve 20 und 21 dienen, da bei Beginn dieses Versuchs, wie die Gehirnkurve zeigt, die durch das Punktezählen hervorgerufene Unlust im Abklingen, aber noch nicht vollständig geschwunden war (*s* der Gehirnkurve). Die Strecke *a'—b* der Kurve (20 und 21) zeigt eine Pulslänge von 7,35 mm, also besteht hier erhebliche Pulsverkürzung schon bei Beginn des Versuchs.

Die mittlere Pulshöhe beträgt:

$a—b$ =	3,8	4,1	4,0	Mittel	= 4,0	mm
$b—R$ =	3,0	4,9	3,2	„	= 3,7	„
$R—c$ =	2,5	2,2	2,6	„	= 2,4	„
$c—d$ =	2,8	3,0	2,3	„	= 2,7	„
$d—e$ =	3,0	2,0	2,5	„	= 2,5	„

Das Gehirnvolumen, das in der Strecke $a-b$ sich auf ziemlich konstanter Höhe erhält, zeigt unter Einwirkung des Reizes einen unbedeutenden Anstieg, der sich von c an allmählich verliert. Schon in der Strecke $a-b$ bietet das Gehinvulomen bei s auffallend niedrige Pulswellen, die mich zu der Annahme veranlassen, daß der Unlustzustand noch nicht abgeklungen ist, dar. Unter der Einwirkung des Reizes bleibt zunächst der Gehirnpuls während dreier Pulsationen unverändert, von der vierten Pulsation von b ab sinkt die Pulsationshöhe beträchtlich und von R an bestehen auffallend niedrige Gehirnpulsationen, die ganz allmählich bis nach x hin an Höhe zunehmen. Von x an erreichen die Pulsationshöhen fast die vor der Einwirkung des Reizes bestehende Höhe, aber bei z und ebenso bei v werden dieselben wieder abnorm niedrig und halten sich während der Strecke $d—e$ auf dieser geringen Höhe. Diese wechselnden Grade der Gefäßkontraktion entsprechen vielleicht dem periodischen An- und Abschwellen des Unlustzustandes.

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

$a—b$ =	5,6	6,3	6,0	Mittel	= 6,0	mm
$b—R$ =	5,5	4,2	3,0	„	= 4,2	„
$R—c$ =	2,0	2,2	3,2	„	= 2,5	„
$c—d$ =	5,8	5,2	5,0	„	= 5,3	„
$d—e$ =	3,5	3,2	3,2	„	= 3,3	„

Kurve 22 scheint in Übereinstimmung mit Kurve 20 und 21 die für die Unlustzustände charakteristischen Veränderungen der Gehirnkurve zu zeigen. Beide Kurven bieten durch verhältnismäßig geringe Ursachen hervorgerufene sehr exquisite Unlustzustände dar.

Ähnliche Veränderungen an der Gehirnkurve haben wir bei den bisher betrachteten Versuchen nur in Kurve 19 unmittelbar nach der Einwirkung des Revolverschusses gesehen und wir deuteten sie dort ebenso wie hier als eine starke Kontraktion der Gehirngefäße; auch dort handelt es sich um einen durch den Reiz hervorgerufenen Unlustzustand, indem die Versuchsperson angab, daß sie lebhafte Unlust empfunden habe. Die Kurve 25 mit ihrem Spiel zwischen Kontraktion und Erschlaffung der Gehirngefäße hat uns den Schlüssel für die Deutung dieser Kurven, die eine starke Unlust darstellen, in die Hand gegeben. Die sich bei unseren Versuchen ergebenden rein psychologischen Tatsachen sind zur Genüge bekannt, man weiß, daß es gewisse Dispositionen gibt, in denen sonst indifferente Reize Unlust hervorrufen können und sie zeigen uns, daß eben die Gefühlswirkung eines Reizes neben seiner Intensität und Dauer vor allem von dem Zustand des Gesamtbewußtseins abhängig ist, daß sie, wie Jodl sagt, eine Funktion derselben darstellt. Wir sehen, wie das veränderte Gesamtbewußtsein (vergl. Kurve 12 und 22) sich in veränderten psychischen Begleiterscheinungen der Reize auch auf dem Gebiet der Gehirnzirkulation geltend macht, und wir gehen nicht fehl, wenn wir die Ursache dieser verschiedenen Reaktionsweise auf denselben Reiz, nur in dem veränderten und für uns unergründlichen Zustand des Zentralnervensystems suchen und auf die jetzt auftretende Gefühlsbetonung zurückführen.

Berücksichtigen wir die über die Einwirkung von geistiger Arbeit in diesem Zustand gemachten Erfahrungen, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß die sonst auftretende Zunahme der Pulsationshöhe des Gehirns während des die Unlust begleitenden Kontraktionzustandes wegfällt und daher der Schluß nicht unberechtigt erscheint, daß hierauf die Erschwerung der geistigen Vorgänge in diesem Zustand zurückzuführen sei. In Mossos Arbeiten finden wir an zwei Stellen Angaben über den Einfluß von

Gemütsbewegungen auf die Hirnkurve, die aber, da genaue psychologische Daten fehlen, nicht weiter verwertet werden können. Daß aber Mosso diese hier beschriebene Kontraktion der Hirngefäße bei unlustbetonten Reizen sehr wohl und zwar wiederholt gesehen hat, geht aus einer Stelle (Kreislauf p. 90) hervor; er berichtet, daß Bertino eine wässerige Lösung von Chloralhydrat zu sich genommen habe und fährt dann fort: „Unmittelbar darauf wird der Puls kleiner. Es ist dies für den Hirnpuls eine Erscheinung, von der wir Akt nehmen wollen, und bewährt sich dieselbe auch konstant für den Vorderarmpuls, wenn was immer für ein Arzneimittel eingenommen wird. Die dabei erfolgende Gefäßkontraktion ist um so stärker, je unangenehmer der Geschmack der eingenommenen Arznei. Im vorliegenden Falle entging es uns nicht, daß der Kranke sehr ungern die Arznei zu sich nahm, wiewohl er kein Wort dazu sagte." Die ohne psychologische Analyse von Mosso seinen Kurven 9 und 10 auf Taf. IV (Kreislauf p. 72) gegebene Deutung haben ihn daran gehindert die Tragweite dieser Beobachtung, auf die wir wiederholt zurückkommen müssen und die für uns äußers wertvoll ist, ganz zu erkennen. Auch in Brodmanns Arbeit findet sich an verschiedenen Stellen die Beobachtung, daß mit Unlust verbundene Weckreize eine Kontraktion der Hirngefäße hervorrufen, so auf S. 51, wie schon oben erwähnt wurde.

Auf Grund der hier mitgeteilten Befunde komme ich zu folgendem Satze:

Satz VI. Unlustbetonte Empfindungen bewirken eine Zunahme des Gehirnvolumens und eine Abnahme der Pulsationshöhe desselben. Die Abnahme der Pulsationshöhe ist auf eine Kontraktion der Gehirngefäße zurückzuführen und geht in ihrer Intensität bis zu gewissem Grade derjenigen der Unlustempfindung parallel.

β) **Deprimierte Stimmung.**

Dieselbe besitzt nach Lehmann (p. 121) folgende Charakteristika: „Während einer deprimierten Stimmung ist das Volumen (des Arms) vermindert und die Pulshöhe subnormal. Durch die verschiedenen Undulationen, die niemals während der Spannung vorkommen, sind die beiden Zustände leicht voneinander zu scheiden.“ Ferner stellt er bei der Furcht folgende Veränderungen fest (p. 123): „Die Furcht äußert sich durch kleines Armvolumen mit stark verminderter Pulshöhe und Pulslänge und hervortretenden Respirationsoszillationen in der Volumkurve.“

Hierher gehören die Kurven meiner Versuchsperson, die an dem Vormittag, an dem sie an mäßig starken Zahnschmerzen litt, aufgenommen sind, und die wir zum Teil schon, allerdings von einem anderen Gesichtspunkte aus, nämlich bei der Feststellung der gegenseitigen zeitlichen Verhältnisse der Arm- und Gehirnkurve und des Einflusses der Atmung, betrachtet haben.

Kurve Nr. 2. Die Versuchsperson leidet an Zahnschmerz und bietet in ihren Mienen und sonstigem Verhalten die Ausdruckserscheinungen einer mäßigen Depression dar.

Die Armkurve zeigt sehr ausgeprägte Atemschwankungen und kleinen Puls, ganz wie es Lehmann auf Tab. X A abbildet.

Auch die Gehirnkurve zeigt sehr deutliche Atemschwankungen, die Pulsationshöhe derselben ist vermindert; das Volumen des Gehirns schien bei der Inspektion — anders läßt sich nicht gut ein Vergleich zwischen verschiedenen Tagen anstellen, wenn man nicht ganz komplizierte Versuchsanordnungen anwenden will — vermehrt.

Vom praktischen und theoretischen Gesichtspunkt aus war es natürlich außerordentlich interessant, in diesem Zustand die Reaktion auf Reize zu studieren, haben wir es doch bei unseren melancholischen Patienten mit derartigen Zuständen zu tun. Im

Hinblick auf die Vergleichbarkeit der Resultate mit den in anderen Bewußtseinszuständen gewonnenen, wurden gleiche Reize wie früher angewandt.

Kurve Nr. 3. Die Versuchsperson hat Zahnschmerz; bei *b* wird ein tiefer Nadelstich in den linken Oberarm ausgeführt, von dem dieselbe später angibt, sie habe ihn wohl bemerkt, er sei nicht schmerzhaft gewesen; bei dem bestehenden Zahnschmerz sei ihr alles einerlei.

Das Armvolumen zeigt keine wesentlichen Alterationen, es nimmt unbedeutend zu, zeigt aber im übrigen die gleichen Respirationsschwankungen wie vor der Einwirkung des Reizes. Eine Messung der Pulshöhen und Pulslängen vor und nach Einwirkung des Reizes ergibt an der Armkurve keine Veränderungen.

Auch das Gehirnvolumen zeigt keine wesentlichen Alterationen. Ein Vergleich mit Kurve 12, bei der in normaler Stimmungslage der gleiche Reiz bei demselben Individuum angewendet wurde, zeigt sehr schön das wechselnde Verhalten. Eine genauere Betrachtung der Kurve 3 ergibt jedoch, daß nicht jede Reaktion auf den Stich ausbleibt, nur erfolgt dieselbe wesentlich später als in Kurve 12, sie läßt sich jedoch deutlich erkennen an der bei *s*, 11 Pulsschläge nach Einwirkung des Reizes, auftretenden erheblichen Zunahme der Pulsationshöhe des Gehirns.

Die Pulsationshöhe des Gehirns beträgt:

vor *b*	8,0	9,0	8,9	Mittel =	8,6 mm
bei *s*	11,2	11,5	11,0	„ =	11,2 „

Ein Vergleich zwischen den Kurven 12 und 3 ergibt, daß im deprimierten Zustand die an den Gehirngefäßen sich äußernde und durch einen Reiz hervorgerufene Zunahme der Pulsationshöhe um mehr als die doppelte Zeit später auftritt als in normaler Stimmungslage. Erst *s* in Kurve 3 würde etwa *R* in Kurve 12 entsprechen.

Ein weiterer Versuch ergibt folgendes:

Kurve Nr. 23. Bei der an Zahnschmerz leidenden Versuchsperson wird eine Stimmgabel vor das linke Ohr gehalten.

Es erfolgt an der Armkurve keine Veränderung, weder des Volumens noch der Pulsfrequenz.

Erst längere Zeit nach der Einwirkung des Reizes tritt am Gehirnvolumen eine Zunahme der Pulsationshöhe auf, ganz analog dem Verhalten in der Kurve 3.

Die Pulsationshöhe des Gehirnvolumens beträgt in der Strecke:

a—b =	9,0	10,0	9,4	Mittel =	9,5 mm
bei R =	11,5			„ =	11,5 „

Auch diese Kurve demonstriert, wenn man sie mit Kurve 13 vergleicht, die veränderte Reaktionsweise ein und desselben Individuums auf den gleichen Reiz bei veränderter Stimmungslage.

Beide Kurven (3 u. 23) ergeben die fehlende Reaktion in der Armkurve und das verspätete Auftreten einer solchen am Gehirn. Sie stimmen ganz mit dem überein, was die Versuchsperson angibt. Der Reiz ist ihr in diesem Zustand nicht nur indifferent, sondern sie richtet auch bei dem bestehenden Zahnschmerz ihre Aufmerksamkeit nicht auf denselben. Sehr interessant ist zur Demonstration, wie die Wirkung desselben Reizes je nach der Verfassung des Individuums ganz verschieden ist, ein Vergleich der Kurven 12, 3 und 22. In allen dreien handelt es sich um die Einwirkung eines Nadelstichs in den Arm; natürlich sind diese Stiche nicht absolut, aber doch relativ gleich. Im Normalzustand in Kurve 12 wird die Aufmerksamkeit auf den Reiz gerichtet, das Gehirnvolumen steigt an, seine Pulsationshöhe nimmt zu; in Kurve 22, in der eine Dispostion zu Unlustreaktionen besteht, erfolgt auf den gleichen Reiz ein viel geringerer Anstieg des Gehirnvolumens und eine durch starke Kontraktion der Gehirngefäße bedingte Abnahme der Pulsationsgröße, in Kurve 3 endlich, während deren Aufnahme die Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf die bestehenden Zahnschmerzen gerichtet ist, erfolgt

eine verspätete Zunahme der Pulsationshöhe. Schöner als in diesen drei Kurven kann man wohl kaum die Abhängigkeit der Wirkung eines Reizes von dem Zustand des Gesamtbuewßtseins resp. des Zentralnervensystems objektiv zeigen. Das Fehlen resp. die Veränderung der Reaktion in den Kurven 3 und 23 ist auch insofern interressant, als sie einen Satz Lehmanns, auf den wir später nochmals zu sprechen kommen müssen, bestätigt. Derselbe lautet (p. 158): „Ein äußerer Reiz muß bis zum Bewußtsein durchdringen, um organische Reaktionen verursachen zu können. Und je mehr ein psychischer Zustand die Aufmerksamkeit zu fesseln und sich im Bewußtsein Geltung zu verschaffen vermag, um so mehr treten auch seine körperlichen Äußerungen hervor." In den hier vorliegenden Fällen käme im wesentlichen dieser letzte Teil des Satzes in Anwendung, der sich voll und ganz aus den Beobachtungen bestätigen läßt und dem wir nur eventuell noch hinzufügen könnten, daß die körperlichen Äußerungen auch um so früher auftreten, je mehr ein psychischer Zustand die Aufmerksamkeit zu fesseln vermag, obwohl auch dies eigentlich schon in Lehmanns Satz mit enthalten ist.

Auf Grund der an diesem Vormittag aufgenommenen Kurven fasse ich meine Beobachtungen über die Hirnzirkulation dahin zusammen:

Satz VII. Während einer deprimierten Stimmung bietet auch das Gehirn ausgeprägtere Atemschwankungen als im normalen Zustand dar. Des Gehirnvolumen scheint relativ vergrößert, die Pulsationshöhe des Gehirns ist (infolge mäßiger Kontraktion der Gehirngefäße) vermindert.

Aus den letzterörterten Tatsachen ergibt sich der Satz:

Satz VIII. Die durch die Einwirkung eines unbetonten Reizes hervorgerufenen Veränderungen der Gehirnkurve sind hinsichtlich ihrer Intensität und ihres

zeitlichen Auftritts von der Konzentration der Aufmerksamkeit auf den Reiz abhängig.

γ) Unlust und Spannung.

Über die Wirkung der Unlust während eines von ihm als Spannungszustand charakterisierten veränderten Verhaltens teilt Lehmann p. 128 folgendes mit: „Während eines bestehenden Zustandes der Spannung wird ein unlusterregender Reiz die gewöhnlichen Äußerungen der Unlust hervorrufen, was die Atmung und die Pulslänge betrifft, während das Armvolumen Veränderungen zeigt, welche Resultanten der Volumsenkung der Unlust und der gleichzeitigen Volumsteigung der Spannungsverminderung sind. Ist die Spannung eine starke, so bleibt das Volumen daher fast unverändert mit schwacher Neigung zum Sinken; bei geringerer Spannung entsteht ein vorübergehendes Steigen, nachgefolgt von einem Sinken.“

Es liegen zwei gute Kurven vor, in denen nach dem Aussehen der Normalstrecke in der Armkurve vor der Einwirkung der Reize ein Spannungszustand bestand und in denen die angewandten Reize von der Versuchsperson beim Befragen als unangenehm bezeichnet wurden.

Kurve Nr. 26 und 27. Bei der ruhig dasitzenden Versuchsperson, deren Armkurve sehr ausgeprägte Erscheinungen der Spannung darbietet, wird in gleicher Weise, wie bei der Aufnahme der Kurve 25, Chinin auf die Zunge gebracht.

Die Respirationskurve bietet einige flachere Atemzüge dar, die Respirationsfrequenz zeigt jedoch keine Veränderungen.

Das Armvolumen bietet zunächst keine Alterationen dar, dann ganz im Gegensatz zu dem Verhalten in Kurve 25 von *c—d* einen Anstieg mit nachfolgendem Abfall nach *e* zu. Es erfolgt dann ein erneuter leichter Anstieg bis *g*. Von *g* an steigt das Volumen rasch weiter an, indem gleichzeitig die Pulsationshöhe zunimmt. Ein erneuter jäher Anstieg erfolgt von *h—i* mit

nachfolgendem Abfall nach *k*. Nach leichten Schwankungen bis *l* bleibt von da an das Armvolumen auf mittlerer Höhe, indem gleichzeitig die normale Pulsform hervortritt; das, was Lehmann als Lösung der Spannung bezeichnet, ist erfolgt.

Die mittlere Pulsfrequenz beträgt in der Strecke:

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	*e—g*	*g—h*	*h—i*	*i—k*	*k—l*	*l—m*
Anzahl	16	7	5	7	15	20	9	8	7	16
Länge	7,25	7,57	7,20	7,0	7,27	7,4	7,44	7,25	7,14	7,32 mm

Die Messung der Pulslänge ergibt:

a—b =	2,9	3,0	2,8	Mittel =	2,9 mm
b—c =	2,9	2,8	3,0	„ =	2,9 „
c—d =	2,6	3,0	3,0	„ =	2,9 „
d—e =	3,0	2,8	2,5	„ =	2,8 „
e—g =	3,2	3,5	3,0	„ =	3,2 „
g—h nach *h* zu =	4,0	3,6	3,9	„ =	3,8 „
h—i =	4,0	3,9	3,9	„ =	3,9 „
i—k =	3,5	4,0	3,2	„ =	3,6 „
k—l =	4,0	4,4	4,0	„ =	4,1 „
l—m =	3,9	4,2	4,2	„ =	4,1 „

Die Lösung der Spannung am Armvolumen geht so vor sich, daß bei dem Anstieg von *h—i* von dem fünften Pulsschlag jenseits *h* ab eine andere Pulsform mit langsam abfallenden katakroten Schenkeln, die auf eine Erschlaffung der Gefäßwand hindeutet, auftritt. Es folgt dann ein allmählicher Übergang zu dem mittleren Kontraktionszustand der Gefäßwand, der dem Normalzustand entspricht.

Die Gehirnkurve bietet in der Strecke *a—b* große und wohlentwickelte Pulswellen dar und zeigt somit keine Veränderungen während des Spannungszustandes. Der Reiz ruft zunächst im Gehirn keine Reaktion hervor und erst nach sieben Pulsschlägen treten von *c* ab die eigentümlichen, bei Besprechung der Kurve 25 sehr ausführlich beschriebenen Pulswellen mit stark entwickelter dikrotischer Welle auf, die als Anzeichen für eine Alteration des Innervationszustandes der zentralen Gefäße gedeutet wurden. Die zweite Pulswelle nach *c* bietet wieder eine sehr entwickelte dikrotische Welle dar, die Gefäßwand ist noch erschlafft; die dritte Welle zeigt einen vollständig anderen Typus: Die Gefäßwand

fällt rasch zusammen; eine kleine Unebenheit deutet nur eben die Welle *r* an, die Gefäßwand ist wieder stark kontrahiert. Das Gleiche gilt für die vierte Pulsation; bei der fünften Pulsation hat der Kontraktionszustand bereits wieder erheblich nachgelassen. Wir sehen somit im wesentlichen das gleiche Spiel zwischen Kontraktion und Erschlaffung der Gefäßwände wie in Kurve 25.

Von *e* an besteht ein hohes Gehirnvolumen mit niedriger Pulshöhe, wie sie für die Unlustzustände als charakteristisch erkannt wurde.

Bei der vierten Welle hinter *g* von *R* an treten hohe Gehirnpulsationen auf und scheinen anzudeuten, daß der Unlustzustand vorüber ist.

Die mittlere Pulsationshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	9,2	9,8	9,8	Mittel	=	9,6 mm
b—c =	9,0	9,0	9,5	„	=	9,2 „
c—d, *d—e*	sehr wechselnd					
e—g =	6,5	6,0	7,0	„	=	6,5 „
g—h jenseits *R* =	12,0	11,0	9,8	„	=	10,9 „
h—i =	9,2	9,3	9,8	„	=	9,4 „
i—k =	9,2	8,5	8,8	„	=	8,8 „
k—l =	8,5	9,0	8,3	„	=	8,6 „
l—m =	9,9	9,8	9,0	„	=	9,6 „

Aus dieser Kurve ergibt sich mit Sicherheit, daß eine Spannung, wie sie sich an den peripheren Gefäßen zeigt, nicht mit entsprechenden physiologischen Zuständen an den Gehirngefäßen einhergeht, wie dies übrigens auch Kurve 33 gezeigt hat. Obwohl die Armkurve eine veränderte, durch die Spannung modifizierte Reaktion auf den Reiz darbietet, zeigen sich an der Gehirnkurve die auch im Normalzustand auftretenden Reaktionserscheinungen.

Die Lösung der Spannung, die nach den von Lehmann gegebenen Erkennungszeichen nur eine geringe gewesen sein kann, geht auch nicht mit Veränderungen an den Gehirngefäßen einher, sondern spielt sich lediglich an der Armkurve ab.

Das Gleiche bestätigt die folgende Kurve Nr. 24, die, obwohl sie an der Gehirnkurve die typischen Erscheinungen der Unlustreaktion darbietet und obwohl die subjektiven Angaben der Versuchsperson auch damit übereinstimmten, doch die für die Unlust sonst charakteristische Pulsverkürzung nicht zeigt.

Kurve Nr. 24. Die Armvolumkurve bietet die Erscheinungen der Spannung dar. Bei *b* wird Salmiakgeist der Versuchsperson unter die Nase gehalten.

Das Armvolumen zeigt zunächst keinerlei Veränderungen und erst im weiteren Verlauf setzt eine leichte Abnahme desselben ein, die bis *c* ständig intensiver wird und von da an einer Volumenszunahme des Armes mit Zunahme der Pulsationshöhe, die auf Lösung der Spannung zurückzuführen ist, Platz macht.

Die Messung der Pulslänge ergibt:

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*	
Anzahl	19	17	17	8	
Länge	7,53	7,53	7,65	7,75	mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	4,0	4,5	4,0	Mittel	= 4,2	mm
b—c =	4,0	4,2	3,8	„	= 4,0	„
c—d in der Nähe von *d* =	5,2	5,5	5,3	„	= 5,3	„
d—e =	5,5	5,2	4,6	„	= 5,1	„

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b 3 Atemzüge = 86 mm
1 „ = 28,7 „

Infolge der Einwirkung des Reizes erfolgt eine ausgiebige Exspiration und die Atmung bleibt dann noch längere Zeit unregelmäßig.

In der Höhe von *c—d*:

3 Atemzüge = 118 mm
1 „ = 39,3 „

Das Gehirnvolumen nimmt unter der Einwirkung des Reizes sehr deutlich von *b—R* zu, wobei gleichzeitig die Pulsationshöhe abnimmt, von *R* an setzt ein Abfall das Gehirnvolumens

auf das frühere Niveau und das Auftreten der früheren Pulsationshöhe desselben ein. Den Anstieg des Armvolumens von *c—a* macht das Gehirnvolumen nicht mit.

Die mittlere Pulsationshöhe des Gehirns beträgt in der Strecke:

a—b =	7,5	7,2	6,3	Mittel =	7,0 mm
b—R =	5,3	5,0	5,4	„ =	5,2 „
R—c =	7,0	7,0	7,5	„ =	7,2 „
c—d =	7,2	8,0	7,5	„ =	7,6 „
d—e =	8,2	8,5	7,2	„ =	8,0 „

Beide Kurven (Nr. 26 u. 27 u. 24) zeigen, daß trotz des bestehenden Spannungszustandes an der Gehirnkurve die typischen Reaktionen, die wir als Begleiterscheinungen der Unlust kennen gelernt haben, eintraten; sie bestätigen ferner den schon oben aufgestellten, aber dort auch nicht sicher zu beweisenden Satz, daß sich Spannungszustände überhaupt nicht an der Gehirnkurve geltend machen und mit keiner Veränderung der Reaktionsweise einhergehen; die natürliche Folge davon ist, daß auch die Lösung der Spannung keinen Ausdruck an der Gehirnkurve findet.

Die hier mitgeteilten Beobachtungen fassen wir in den Satz zusammen:

Satz IX. Der von Lehmann als Spannung bezeichnete Zustand ist an der Gehirnkurve nicht nachweisbar. Während bestehender Spannung bietet die Gehirnkurve auf betonte Reize die typischen Reaktionen dar; auch die Lösung der Spannung äußert keinen Einfluß auf die Gehirnkurve.

Dieser Satz stellt also eine Bestätigung und Erweiterung des vorn nur ungenügend begründeten Satzes V (S. 110) dar, der jetzt erst seine volle Berechtigung erhalten hat.

Entsprechend diesem, aus den hier vorliegenden Beobachtungen hervorgehenden, Satze müssen wir annehmen, daß die geringe Abnahme der Pulshöhe des Gehirns in Kurve 33, die bei der Versuchsperson sich zeigt, als sie, in Spannung befindlich, eine Rechenaufgabe lösen soll, doch auf ein leichtes Unlustgefühl zurückzuführen sein dürfte. Aus verschiedenen Beobach-

tungen scheint mir auch hervorzugehen, daß während eines Spannungszustandes die Unslustreaktion rascher eintritt (vergl. Kurve 25, 26 und 27) und somit eine gewisse Tendenz zur Unlustreaktion besteht, wofür auch die abweichende subjektive Reaktion in Kurve 17 und 24 sprechen würde, wo einmal der Reiz als indifferent, während eines Spannungszustandes dagegen als unangenehm bezeichnet wurde. Doch das scheinen rein psychologische Fragen, auf die wir hier nicht eingehen können, die ich aber nicht unerwähnt lassen wollte.

Anhangsweise mag hier erwähnt werden, daß ich zahlreiche Kurven des Armvolumens von pathologischen Depressionszuständen namentlich bei Melancholischen, aber auch bei den verschiedensten anderen funktionellen und organischen Psychosen aufgenommen habe, die immer die starken Respirationsoszillationen in der plethysmographschen Kurve entsprechend den hier mitgeteilten Kurven 2, 3, 23 von unserer Versuchsperson erkennen ließen und die nach der eventuellen Genesung schwanden. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß diese von Lehmann beschriebene Form der plethysmographischen Kurve sich immer in Depressionszuständen findet.

b) Lust.

Die vorliegenden Kurven gestatten nicht eine der Einteilung der Unlustzustände genau entsprechende Gliederung, da Kurven von heiterer Stimmung nicht vorliegen; wir hätten also hier nur einfache lustbetonte Empfindungen und die Kombination von Lust mit Spannung zu betrachten.

α) Einfache Lust.

Nach Lehmann p. 136 zeigen sich folgende Veränderungen an dem Armvolumen und in der Respiration: „Einfache lustbetonte Empfindungen und andere nur wenig zusammengesetzte Lustzustände äußern sich durch Pulserhöhung und Pulsverlängerung, während das Volumen gewöhnlich nur gleich im Anfang der

Reizung ein geringes Sinken zeigt, worauf es rasch bis über das ursprüngliche Niveau steigt. Selten oder nie sieht man jedoch alle drei Veränderungen in derselben Kurve hervortreten; findet sich Erhöhung und Verlängerung des Pulses, so wird wohl kaum ein Steigen des Volumens erscheinen; bei Pulserhöhung und Volumsteigung wird man keine Pulsverlängerung finden u. s. w. Je geringer die Konzentration der Aufmerksamkeit ist, um so mehr treten die charakteristischen Äußerungen der Lustgefühle hervor. Die beobachteten Veränderungen lassen sich deswegen als eine Summation der widerstreitenden Wirkungen erklären, welche die Konzentration der Aufmerksamkeit und das Lustgefühl jedes für sich hervorbringen würden."

Gehen wir nun zur Betrachtung unserer Versuche über.

Kurve Nr. 29. Der in gleichmäßiger Stimmung dasitzenden Versuchsperson wird Bergamotöl, dessen Geruch sie als angenehm bezeichnet, unter die Nase gehalten.

Die Respirationsfrequenz beträgt vor der Einwirkung des Reizes in der Strecke:

a—*b* 3 Atemzüge = 80 mm
1 „ = 26,6 „

nach Einwirkung des Reizes:

jenseits *b* 3 Atemzüge = 83 mm
1 „ = 27,6 „

Unter dem Einfluß des Reizes fanden bei *b* und *c* zwei flache Atemzüge statt.

Das Armvolumen, das bereits vor der Einwirkung des Reizes in einem leichten Anstieg begriffen ist, erfährt eine weitere erhebliche Zunahme. Das Volumen sinkt dann von *c*—*d* ab, um sich dann wieder ganz allmählich zu erheben.

Die Messung der Pulslänge ergibt:

Phase	*a*—*a'*	*a'*—*b*	*b*—*c*	*c*—*d*	*d*—*e*
Anzahl	11	3	5	6	24
Länge	7,0	7,0	6,80	7,33	7,00 mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt:

$a—a'$ =	6,3	6,2	5,8	Mittel =	6,1 mm
$a'—b$ =	5,3	6,0	6,0	„ =	5,8 „
$b—c$ =	6,2	5,8	6,0	„ =	6,0 „
$c—d$ =	5,8	5,2	5,2	„ =	5,4 „
$d—e$ =	5,8	5,2	5,0	„ =	5,3 „

Das Gehirnvolumen zeigt ganz entsprechend dem Verhalten des Armvolumens einen beträchtlichen Anstieg von *b—c* mit nachfolgendem jähen Abfall. In der Strecke *d—e* hält sich das Gehirnvolumen unbedeutend höher als vor der Einwirkung des Reizes.

Die mittlere Pulshöhe beträgt:

$a—a'$ =	9,8	9,2	8,5	Mittel =	9,2 mm
$a'—b$ =	8,9	8,3	8,8	„ =	8,6 „
$b—c$ =	9,0	8,9	10,5	„ =	9,5 „
$c—d$ =	9,2	9,5	9,8	„ =	9,5 „
$d—e$ =	9,4	9,3	8,0	„ =	8,9 „

Es ergibt sich somit, daß die Pulsationshöhe des Gehirns unter der Einwirkung des Reizes bei gleichzeitigem Ansteigen des Gehirnvolumens erhöht ist und daß diese Zunahme der Pulsationshöhe auch noch nach der Entfernung des Reizes und beim Abfallen des Gehirnvolumens in der Strecke *c—d* bestehen bleibt, um erst dann der ursprünglichen Pulsationshöhe wieder Platz zu machen.

Obwohl die Versuchsperson positiv angibt, der Geruchsreiz sei ihr angenehm gewesen, bietet die Kurve nichts dar, was nicht als Begleiterscheinungen der einfachen Konzentration der Aufmerksamkeit auf einen unbetonten Reiz uns aus den Kurven 10 u. s. w. schon bekannt wäre, eine Erscheinung, die sich aus dem zweiten Teil des Lehmannschen Satzes ergibt und die wir später nach unsern theoretischen Erörterungen verstehen lernen werden.

Gehen wir nun zur Betrachtung der Wirkungen von Reizen, die mit lebhafteren positiven Gefühlstönen verbunden sind, über:

Kurve Nr. 31. In gleicher Weise, wie es früher geschildert wurde, wird der Versuchsperson Zucker auf die Zunge gebracht,

das Zurückziehen der Zunge erfolgt bei *b*. Der Reiz wird nach dem Versuch von der Versuchsperson als mit deutlichem Lustgefühl verbunden bezeichnet.

Die Atmungskurve zeigt unter der Einwirkung des Reizes zunächst einige flache Atemzüge.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b	2	Atemzüge	=	60,0 mm
	1	„	=	30,0 „
jenseits *v*	4	„	=	118,0 „
	1	„	=	29,5 „

Das Armvolumen scheint zunächst unter der Einwirkung des Reizes keine Veränderungen zu erfahren, steigt dann aber ständig, wenn auch nur ganz allmählich. Von *c* an folgt dann ein kaum merklicher Abfall mit nachfolgendem Anstieg bis *d*. Das Armvolumen ist auch jenseits *d* dauernd höher als vor Beginn des Versuches.

Die Messung der Pulslänge ergibt:

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	*d—e*
Anzahl	10	24	22	17
Länge	7,20	6,92	6,95	6,70 mm

Auch hier zeigt sich also keine Pulsverlängerung.

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	4,9	4,3	4,5	Mittel	=	4,6 mm
b—c =	4,6	4,2	5,0	„	=	4,6 „
c—d =	4,2	4,8	4,3	„	=	4,4 „
d—e =	5,0	4,5	4,3	„	=	4,6 „

Die Pulshöhe zeigt somit keine wesentlichen Veränderungen.

Das Gehirnvolumen, das schon vor der Einwirkung des Reizes einen leichten, mit dem Armvolumen übereinstimmenden, jedoch stärker ausgeprägten Anstieg darbot, nimmt unter der Einwirkung des Reizes rasch in 5 Pulsschlägen an Volumen zu, sinkt dann plötzlich ab (bei *x*), um von neuem eine Volumzunahme mit dem Höhepunkt bei *s* zu erfahren und um bei *v* wieder abzufallen. Es beginnt nun von neuem dasselbe Spiel: Das Gehirnvolumen steigt von *v* wieder rasch bis *d* an und erfährt nach

sechs Pulsschlägen bei *w* ein erneutes Absinken. Der nächste wellenförmige Anstieg umfaßt wieder sechs Pulsschläge und reicht von *w*—*p*. Die nächste Welle, die zu geringerer Höhe sich erhebt, reicht bis *u*; es erfolgt nun wieder ein etwas höherer neun Pulsschläge umfassender Anstieg bis *z*. Die nächste kurze Welle reicht bis *y*. Von *d* an sind diese wellenförmigen Erhebungen mit Sicherheit nicht mehr nachweisbar. Projizieren wir diese Wellen des Gehirnvolumens auf die Arm- und Respirationskurven, so sehen wir, daß sie nicht etwa mit der Atmung zusammenfallen, denn z. B. die Welle *v*—*w* umfaßt zwei Atemzüge, ein gleiches gilt von den Wellen *p*—*u* und *u*—*z*, sondern daß sie selbständige Wellen des Gehirns darstellen.

Die Pulsationshöhen sind sehr wechselnde, inden immer in den einzelnen eben beschriebenen Wellen selbst die Pulsationshöhe von kleinen Anfängen an bis nach der Mitte der Welle zu anschwillt, so daß bei *R*, bei *s*, bei *t* auffallend hohe Gehirnpulsationen liegen.

Vergleichen wir zunächst die Pulsationshöhe vor Einwirkung des Reizes und die Pulsation, nachdem die an den Gehirngefäßen verlaufenden Kontraktionswellen geschwunden sind, so ergibt sich für die Strecke:

a—*b* =	9,3	9,5	9,0	Mittel =	9,3 mm
d—*e* =	11,0	10,9	11,2	„ =	11,0 „

Es zeigt sich somit, daß die Pulsationshöhe unter der Einwirkung des Reizes erheblich zugenommen hat. Gleichzeitig ist das Gehirnvolumen in der Strecke *d*—*e* gegen *a*—*b* vermindert. Einzelne Pulshöhen betragen:

bei *R* =	10,0 mm
bei *s* =	11,2 „
bei *d* =	11,5 „
eine Welle vor *p* =	12,0 „

Auch hier bieten sich eigentümliche Wellenformen dar, die auf wechselnde Kontraktionszustände der Gehirngefäße hindeuten. Wir verweisen auf das Genauere bei Besprechung der Kurve 25 und erwähnen nur, daß sich bei ✻ α, β und ✻ γ ganz denen analoge

Zustände finden, wie sie dort ausführlich erörtert wurden. Allerdings erreichen die Kontraktions- und Erschlaffungszustände im vorliegenden Fall nicht dieselbe Intensität und bedingen infolgedessen nicht dieselbe Unregelmäßigkeit der Pulswelle.

Fassen wir die sich aus dieser Kurve ergebenden Tatsachen zusammen, so kommen wir zu dem Schluß, daß die Einwirkung luftbetonter Empfindungen auf die Zirkulation am Gehirn sich darin äußert, daß

1. wellenartige Schwankungen in der Größe des Gehirnvolumens und in der Höhe der Gehirnpulsationen auftreten;
2. nach dem Ablauf der wellenartigen Erhebung das Gehirnvolumen absinkt;
3. trotz des verminderten Gehirnvolumens eine Steigerung der Pulsationshöhe besteht.

Zu erwägen wäre noch, ob nicht vielleicht die immer wieder auftretenden wellenartigen Schwankungen im Gehirnvolumen durch Wiederholung des Reizes, indem neue Zuckerpartikelchen mit den Geschmackspapillen in Berührung kommen, bedingt ist; es würden dann die Erhebungen immer neue Aufmerksamkeitsreaktion sein und nichts für die Lustreaktion Charakteristisches darstellen. Gegen letztere Annahme spricht jedoch die einfache Tatsache, daß am Armvolumen nicht der Anstieg und Abfall entsprechend der Aufmerksamkeitsreaktion eintritt, sondern das Armvolumen ständig an Volumen zunimmt.

Auch als einfache Wellen III. Ordnung können diese Schwankungen am Gehirnvolumen nicht aufgefaßt werden, da sie mit erheblichen Schwankungen der Pulsationshöhe, einem deutlichen Anschwellen derselben, einhergehen.

Wichtig für die Feststellung der physischen Begleiterscheinungen des Lustzustandes an der Gehirnzirkulation sind auch die folgenden Versuche, bei denen der mit Lust verbundene Reiz während einer deprimierten Stimmung einwirkt und gleichsam ein Kampf sowohl zwischen den psychischen als auch zwischen

den physischen Erscheinungen dieser beiden Zustände stattzuhaben scheint, bis schließlich der Lustzustand die Oberhand gewinnt. In den folgenden Kurven finden sich auch sehr deutlich die Pulsverlängerung und die starke Volumzunahme an der Armkurve.

Kurve Nr. 32. Die sich in leichter Depression befindende Versuchsperson erhält ein 10 Markstück geschenkt, worüber sie sich sehr freut. An welchem Punkte der Kurve die Übergabe des Geldes erfolgt, läßt sich leider nicht feststellen, sie ist aber nach den Notizen zwischen *b* und *c* erfolgt.

Nach einem leichten Abfall des Armvolumens, das vorher noch die für die Depression charakteristischen Atemschwankungen erkennen ließ, erfolgt von *c* an ein rascher und bedeutender Anstieg desselben, der sehr bald zu Kollisionen mit der sehr flach geschriebenen Respirationskurve führt und das Abbrechen des Versuchs veranlaßt.

Die Messung der Pulslänge ergibt:

Phase	*a—b*	*b—c*	*c—d*	
Anzahl	7	13	17	
Länge	7,0	7,31	7,47	mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	4,2	4,8	5,0	Mittel	= 4,7	mm
b—c =	5,8	5,2	4,2	„	= 5,1	„
c—d gegen *d* zu =	4,6	5,2	5,0	„	= 4,9	„

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

zwischen *a—c*	3	Atemzüge	= 75	mm
	1	„	= 25	„
c—d	3	„	= 94	„
	1	„	= 31,3	„

Die Atmung erscheint flach und verlangsamt.

Das Gehirnvolumen, das im Beginn der Kurve von mittlerer Höhe ist und auffallend niedrige, dem Depressionszustand entsprechende Pulsationen darbietet, sinkt unter der Einwirkung des freudigen Ereignisses langsam ab, indem gleichzeitig die Pulsationshöhe zunimmt.

Die mittlere Pulsationshöhe beträgt in der Strecke:

a—b	= 3,6	4,0	2,5	Mittel	= 3,4 mm
zwischen *c—d*	= 8,0	6,5	7,0	„	= 7,2 „

Auch beim Übergang von der Depressionsphase in den heiteren Gemütszustand findet sich also:

1. eine Abnahme des Gehirnvolumens und
2. eine Zunahme der Pulsationshöhen desselben.

Kurve Nr. 34. Der Anfangsteil dieser Kurve stellt ebenfalls, wie Kurve 32, den Kampf zwischen der bestehenden Depression und einer einbrechenden heiteren Stimmungslage dar.

Die Atemfrequenz beträgt in der Strecke:

a—b	3 Atemzüge	= 81	mm
	1 „	= 27	„
b—c	3 „	= 86	„
	1 „	= 28,7	„

Das Armvolumen, das im Anfangsteil der Kurve von *a—R* noch wie in Kurve 32 die für das depressive Stadium charakteristischen Respirationsschwankungen darbietet, verliert zunächst diese Eigentümlichkeit und nimmt von *b* an rasch an Volumen zu, so daß es auch hier bald zu Kollisionen mit der Respirationskurve kommt.

Die Messung der Pulslänge ergibt:

Phase	*a—R*	*R—b*	*b—c*
Anzahl	10	9	16
Länge	6,80	7,11	7,37 mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—R	= 4,7	4,9	4,5	Mittel	= 4,7 mm
R—b	= 5,2	5,5	6,0	„	= 5,6 „
b—c	= 6,0	5,8	5,0	„	= 5,6 „

Das Gehirnvolumen, das während der anfänglichen depressiven Phase von *a—R* auf mittlerer Höhe mit geringen Pulsationsschwankungen sich hält, sinkt bei *R* plötzlich etwas ab und zeigt vollständig veränderte Pulsationsformen mit großer Pulshöhe. Ebenso wie in Kurve 32 macht das Gehirnvolumen den gewaltigen

Anstieg des Armvolumens von *b* nach *c* nicht mit, sondern bleibt auf seinem mittleren Niveau stehen.

Die mittlere Pulsationshöhe des Gehirns beträgt in der Strecke:

$a—R$ =	5,0	4,2	4,5	Mittel	= 4,6 mm
$R—b$ =	8,0	7,3	6,5	„	= 7,3 „
$b—c$ =	7,0	7,5	6,2	„	= 6,9 „.

Auch diese Kurve bestätigt die Annahme, daß der Übergang eines depressiven Zustandes in einen heiteren Gemütszustand ganz plötzlich an der Gehirnkurve (bei *R*) zum Ausdruck kommt und offenbar beruht die Alteration der physiologischen Vorgänge darauf, daß eine Erschlaffung der während des Depressionszustandes kontrahierten Gefäße eintritt. Die Welle *α* vor *R* demonstriert die Pulsform bei kontrahierter, die Welle *β* bei erschlaffter Gefäßwand.

Wegen des plötzlichen Überganges ist die Kurve 34 noch viel charakteristischer als Kurve 32, bei der sich die Vorgänge an der Gehirnkurve allmählicher vollziehen.

Leider läßt sich auch in dieser Kurve die Zeit der Einwirkung des mit Lustgefühlen einhergehenden psychischen Vorgangs nicht feststellen, da es sich um eine nach der Angabe der Versuchsperson ziemlich plötzlich auftauchende sehr angenehme Erinnerung, also um eine lustbetonte Vorstellung handelte.

Fassen wir die mitgeteilten Ergebnisse, soweit sie uns hier interessieren, zusammen, so kommen wir zu folgendem Satz:

Satz X. Lustbetonte Empfindungen (und Vorstellungen) gehen mit einer Abnahme des Gehirnvolumens und einer Zunahme der Pulsationshöhe desselben einher, wobei letztere auf einer Erschlaffung der Gehirngefäße zu beruhen scheint.

β) Lust und Spannung.

Die körperlichen Reaktionen der Lust äußern sich während eines bestehenden Spannungszustandes nach Lehmann (p. 140) folgendermaßen: „Während einer bestehenden geringen Span-

nung werden Lustgefühle sich durch sehr bedeutende Zunahme des Armvolumens und der Pulshöhe äußern, während die Pulslänge keine wesentliche Veränderung erleidet. Ist die Spannung dagegen eine sehr starke, so werden die Lustgefühle eine geringe Zunahme des Volumens uud der Pulshöhe bewirken, während die Pulslänge stark anwächst. Auch diese Äußerungen lassen sich als eine Summation derjenigen Wirkungen auffassen, welche das Lustgefühl und die stärkere oder schwächere Abnahme der Spannung jedes für sich herbeiführen würde."

Nur zwei und leider nicht sehr schön geschriebene Kurven stehen mir zur Erörterung der Einwirkung von Lust und Spannung auf die Gehirnkurve zur Verfügung, nachdem noch schlechtere Kurven ausgeschaltet sind.

Kurve Nr. 28. Der Anfangsteil der Kurve bietet am Armvolumen die Erscheinungen der Spannung dar. Bei *b* wird der Versuchsperson Bergamotöl unter die Nase gehalten; der Geruchsreiz wird auch heute wie in Kurve 29 nach Beendigung des Versuches als angenehm bezeichnet.

Die Atmung zeigt sofort eine deutliche Reaktion; es folgen zwei flache Atemzüge. In der Strecke:

a—b	3	Atemzüge	=	88 mm
	1	"	=	29,3 "
direkt hinter *b*	3	"	=	120 "
	1	"	=	40,0 "

Die Armvolumkurve zeigt unter der Einwirkung des Reizes keine Veränderung; erst einige Zeit nach Entfernung desselben tritt bei *c* angeblich ohne äußere Veranlassung ein plötzlicher und rasch schwindender Anstieg mit ebenso jähem Abfall auf, der mir trotz aller gegenteiligen Versicherungen von seiten der Versuchsperson nur durch eine Bewegung des im Blechzylinder eingeschlossenen Armes bedingt sein kann. Von *d—e* folgt ein starker Anstieg des Armvolumens, der die beginnende Lösung der Spannung andeutet. Von *f* an tritt eine normale Pulshöhe

bei mittlerem Armvolumen auf als Anzeichen, daß der Spannungszustand überwunden ist, ganz wie dies Lehmann geschildert hat.

Die Messung der Pulslänge ergibt:

Phase	*a—b*	*b—c*	*d—e*	*e—f*	*f—h*
Anzahl	18	6	17	9	10
Länge	7,28	7,50	7,12	7,44	7,50 mm

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	3,0	3,0	2,9	Mittel =	3,0 mm
b—c =	3,0	3,9	2,8	„ =	3,2 „
d—e	sehr wechselnd				
e—f =	3,0	3,0	3,0	„ =	3,0 „
f—h =	3,8	4,0	4,2	„ =	4,0 „

Das Gehirnvolumen bietet in der Strecke *a—b*, während sich am Armvolumen die ausgeprägten Erscheinungen des Spannungszustandes zeigen, sehr starke Respirationswellen dar. Aus den eingetragenen Marken α, β und γ ist das zeitliche Verhältnis der Atemschwankungen des Gehirns zu der Respirationskurve ersichtlich. Es geht auch deutlich daraus hervor, daß diese Schwankungen am Armvolumen fehlen. Das Gehirnvolumen, dessen Beurteilung wegen der durch den Reiz bewirkten Veränderung der Atmung große Schwierigkeiten darbietet und das wellenförmige Schwankungen zu zeigen scheint, ist nach dem Regelmäßigwerden der Atmung und der Lösung der Spannung etwa von *e* an ein vermindertes. Aus den oben (siehe Kurve Nr. 26 u. 27 u. 24) mitgeteilten Befunden und Satz IX (S. 132) geht hervor, daß dies nicht als Folgewirkung der Lösung aufzufassen ist. Die Pulsationshöhe des Gehirns zeigt zunächst auch erhebliche Schwankungen und auch eigentümliche Pulsformen, die auf eine Erschlaffung der Gefäßwände hindeuten, treten z. B. bei ✳ auf. Nachdem ein gewisser Gleichgewichtszustand jenseits *e* erzielt ist, zeigen sich neben der Verminderung des Gehirnvolumens sehr hohe Pulswellen desselben.

Die mittlere Pulshöhe beträgt in der Strecke:

a—b =	5,0	8,0	7,0	Mittel =	6,7 mm
bei *s* =	9,0	10,0	10,0	„ =	9,7 „

Es scheint also auch hier der Spannungszustand keinen Einfluß auf das Zustandekommen der Reaktionen an der Gehirnkurve zu haben.

Den zweiten Versuch, der hier erwähnt werden soll, stellt Kurve 30 dar; auch diese ist leider durch die ohne nachweisbaren Grund veränderte Atmung zwischen *c'* und *d* nur im Anfangsteil zu verwenden.

Kurve Nr. 30. Die Armkurve zeigt in der Normalstrecke die Erscheinungen der Spannung. Es wird der Versuchsperson Zucker auf die Zunge gebracht, bei *b* wird die Zunge zurückgezogen.

Da der Reiz nur eine sehr unbedeutende Zunahme des Armvolumens hervorruft, muß es sich nach Lehmann um einen starken Spannungszustand handeln.

Die Messung der Pulslänge ergibt:

Phase	*a—b*	*b—c'*	*c'—d*	*d—e*
Anzahl	13	8	9	8
Länge	7,23	7,25	6,78	7,0 mm

Die Pulshöhe des Armvolumens ist andauernd eine sehr niedrige: 2,8, 2,5, 2,6, Mittel = 2,6 mm.

Die Gehirnkurve zeigt nach einem kurzen Anstieg von *R* an einen deutlichen Abfall, von *s* an beginnt ein zweiter Anstieg; durch die veränderte Atmung werden die weiteren Erscheinungen überdeckt, so daß uns nur die Strecke bei *s* zur Betrachtung übrig bleibt, die auch hier ganz in Übereinstimmung mit den anderen Befunden und den Angaben der Versuchsperson die Reaktionen des Lustgefühls in der Form eines verminderten Gehirnvolumens und der erhöhten Pulswellen darbietet. Leider stehen mir keine besseren Kurven zur Besprechung der Einwirkung von Lust und Spannung zur Verfügung, so daß ich mich mit einigem Widerstreben zu der Reproduktion dieser letzten beiden Kurven entschlossen habe.

Wir können aus ihnen etwas Neues nicht entnehmen. Die Kurve 28 bestätigt aber nochmals die mangelnde Einwirkung des Spannungszustandes und seiner Lösung auf die Gehirnkurve.

Anhangsweise mögen auch hier plethysmographische Untersuchungen in heiteren Erregungszuständen bei zirkulären Psychosen als auch bei sonstigen Geisteskrankheiten kurz Erwähnung finden. Vor allem charakteristisch scheint die Veränderung der Atmung, die ganz den von Isenberg und Vogt mitgeteilten Kurven (namentlich Fig. 2 *C* und 3 *A*) bei starker heiterer Erregung entspricht. Das Armvolumen zeigt sehr starke Respirationsschwankungen, ganz wie bei den Depressionszuständen, nur scheint ein regelmäßiger Wechsel der Pulshöhe innerhalb der einzelnen Respirationsoszillationen für die heitere Erregung gegenüber der deprimierten Stimmung, soweit ich dies aus meinen Kurven entnehmen kann, charakteristisch zu sein. Von der Mitteilung dieser Kurven sehe ich auch hier ab.

4. Beobachtungen während des Schlafes.

a) Schläfrigkeit.

Lehmann hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß im Zustand der Schläfrigkeit starke Schwankungen, Wellen III. Ordnung, an der Armkurve hervortreten und Brodmann hat dies in seinen Untersuchungen (p. 35) auch für das Gehirn bestätigen können. Auch bei meiner Versuchsperson findet sich dasselbe, wie dies die schon früher zum Teil besprochene Kurve 4 zeigt.

Kurve Nr. 4. Die Versuchsperson ist schon im Beginn des Versuches sehr müde, schließt bald darauf ihre Augen und scheint einzuschlafen. Die Atmung zeigt einen regelmäßigen Wechsel von flacheren und tieferen Atemzügen.

Das Armvolumen bietet sehr erhebliche Volumschwankungen, die wir oben schon (p. 73 ff) besprochen haben, dar.

Auch das Gehirnvolumen zeigt deutliche Wellen III. Ordnung, wenn dieselben auch bei weitem nicht die Höhe der Schwankungen am Armvolumen erreichen. Die zeitlichen Verhältnisse dieser Wellen des Gehirns zu den Schwankungen des Armvolumens wurden auch oben bereits ausführlich erörtert, so daß wir hier nicht darauf einzugehen brauchen und auch von der Mitteilung weiterer Kurven, die nichts Neues darbieten, absehen können.

b) Einwirkung von Reizen während des Schlafes.

Von der Mitteilung der hier zu schildernden Untersuchungen würde ich überhaupt abgesehen haben, wenn nicht widersprechende Angaben über die Einwirkung von Reizen während des Schlafzustandes, oder allgemeiner gesagt, über die Wirkung unterschwelliger Reize überhaupt in der Literatur sich fänden. Im Jahre 1877 haben Sander und Hirschberg über die Reaktion der Pupille in der Narkose berichtet und kamen zu dem Resultat, daß in tiefer Narkose sensible und sensorische Reize die Pupillenweite nicht zu ändern vermögen, wie dies im Wachzustande und bei einem Nachlassen der Tiefe der Narkose der Fall ist. Ausführlicher hat dann Sander seine Beobachtungen in einem Aufsatz im Archiv für Psychiatrie, 1879, Bd. IX, p. 129 mitgeteilt; sensible und sensorische Reize sind imstande, im Schlaf eine Erweiterung der Pupille herbeizuführen, jedoch fehlen diese Reaktionen im tiefen Schlafe. Mosso hat im Jahre 1881 seine Mitteilungen über die Blutzirkulation im Schädel veröffentlicht und auch eine Reihe von Untersuchungen im Schlafzustand mitgeteilt, bei denen er zu dem Resultat kommt, daß Reize während desselben sehr deutliche Veränderungen der Respiration und der Hirnzirkulation zu veranlassen vermögen, ohne daß nach dem Erwachen die Versuchsperson sich der Reize erinnert. Er glaubt, psychisch zerebrale Tätigkeiten, d. h. Erregungen der psychischen Zentren, die aber unbewußt sind, auch während des

Schlafes annehmen zu müssen und sieht in den an der Atmung und dem Hirnkreislauf unter der Einwirkung von Reizen im Schlafzustand auftretenden Veränderungen eine zweckmäßige Schutzvorrichtung des Organismus, welche durch gesteigerte Blutzufuhr zum Gehirn den Wachzustand vorbereiten und so das Individuum vor Gefahren bewahren soll. Wir hätten es also hier mit einer deutlichen Reaktion auf unterschwellige Reize zu tun. Übrigens findet sich schon in diesen Ausführungen Mossos eine Andeutung, daß dies nicht für den tiefen Schlaf Geltung habe. Auf p. 97 schreibt er: „Meine Untersuchungen berechtigen andererseits die Vermutung, daß es im Schlafe eine Periode so tiefer Ruhe der psychischen Centra gebe, daß alle Vorstellungstätigkeit, auch die unbewußte, völlig aufhöre". In der Tat hat auch Mays, der gleichfalls Gelegenheit hatte, die Hirnpulsationen an einem Individuum mit Schädeldefekt zu untersuchen, in seiner im Jahre 1882 veröffentlichten Arbeit die Angaben Mossos dahin korrigiert, daß im tiefen Schlaf die Reaktionen der Hirnkurve auf äußere Reize wegfallen. In seinem Werke über die Temperatur des Gehirns teilt Mosso p. 171 mit, daß in tiefer Narkose bei dem mit einem Schädeldefekte versehenen Patienten Cane an den Gehirnkurven Reize, wie starkes Kneipen und lautes Rufen ins Ohr, keine Reaktion hervorzurufen imstande sind. Mentz hat in seiner im Jahre 1895 erschienenen Arbeit, in der er auf die oben angeführten Arbeiten von Hirschberg und Sander aufmerksam macht, nachgewiesen, daß bei nebensächlichen Schallreizen nur dann die entsprechende Pulswirkung vorhanden ist, wenn der Reiz beim Reagenten bis zum Bewußtsein vorgedrungen war. In seinen Untersuchungen hat er mehrfach die Mossoschen Kurven zu Messungen herangezogen und zuerst darauf hingewiesen, daß sich die von ihm gefundenen Veränderungen auf Schallreize auch an ihnen nachweisen lassen. Nach Mentz Ausführungen sprechen die von Mosso an Schlafenden beobachteten Reaktionen nicht gegen seine Ansicht, da im nicht sehr tiefen Schlaf noch Bewußtseinsvorgänge

statthaben und das Kriterium, daß die Versuchsperson nichts von den Reizen weiß, nicht als stichhaltig dafür gelten kann, daß Bewußtseinsvorgänge nicht stattgefunden haben, wie dies übrigens die Erfahrung am Krankenbett täglich bestätigt. Auch Lehmann kommt, wie oben schon mehrfach hervorgehoben, zu der gleichen Ansicht wie Mentz auf Grund seiner im Jahre 1899 veröffentlichten Experimente: „Ein äußerer Reiz muß bis zum Bewußtsein durchdringen, um organische Reaktionen verursachen zu können.“ In Übereinstimmung mit Lehmann fanden auch Zoneff und Meumann (l. c. p. 65), „daß alle Atem- und Pulswirkungen der Gefühle durch eine merkliche Ablenkung der Aufmerksamkeit mittelst eines anderen Reizes aufgehoben werden.“ In seinen Untersuchungen hat auch Brodmann die Reaktionen an der Gehirnkurve des Schlafenden feststellen können, jedoch dürfte für diese Untersuchungen das gleiche gelten, was Mentz gegen Mosso ins Feld führt; es handelt sich nicht um tiefen Schlaf, und die Angaben der Versuchsperson sind nicht beweisend dafür, daß der Reiz nicht perzipiert wurde. Untersuchungen, in denen in einwandfreier Weise die Wirkung unterschwelliger Reize auf Atmung und Puls dargetan wird, sind die von Brahn, der feststellen konnte, daß „oft unbemerkte Reize eine organische Wirkung haben“. Er hat eine 3—4 Pulse anhaltende Verlängerung der Pulswelle um ca. $^1/_6$ ihrer Gesamtlänge beobachtet, mehrfach aber auch gesehen, daß die Verlängerung nur 1—2 Pulse anhielt (l. c. p. 169). Es sind also sehr unbedeutende Veränderungen, die dieser Untersucher festgestellt hat und da an der Gehirnkurve, wie in den bisherigen Untersuchungen gezeigt wurde, die auf Sinnesreize erfolgenden Alterationen sich viel ausgiebiger geltend machen und gleichsam im vergrößerten Maßstab abspiegeln, so beschloß ich Reize in tiefem Schlafe einwirken zu lassen, um festzustellen, ob auch dann die organischen Reaktionen speziell der Gehirnkurve und der Atmung auftreten.

Die nun folgenden Versuche wurden so angestellt, daß in der Nacht von 11—1 Uhr, nachdem die Versuchsperson vorher schon

von 9 Uhr an geschlafen hatte, experimentiert wurde. Es wurden zunächst im Laboratorium die Apparate in der gewohnten Weise an der Versuchsperson appliziert. Das Uhrwerk des Kymographions wurde auf einen langsameren Gang eingestellt, so daß ein Umlauf unter Benutzung der Heringschen Schleife 50 Minuten in Anspruch nahm. Es wurde dann, nachdem alle Apparate gut saßen und nachgeprüft waren, eine kurze Normalstrecke geschrieben. Hierauf wurden die Lichter ausgelöscht, die Versuchsperson lag bequem auf ihrem Liegestuhl. Nachdem $^3/_4$ Stunden zugewartet waren und um 12 Uhr die gleichmäßige Atmung anzuzeigen schien, daß Schlaf eingetreten sei, wurde das Kymographion in Gang gesetzt. Das Versuchszimmer war vollständig dunkel und nur die Stelle der Schreibfläche, an der die Hebel anlagen, wurde durch ein verdecktes Wachslicht schwach beleuchtet. Die Hebel schrieben alle gleichmäßig und von jetzt an wurde 50 Minuten lang ohne Aussetzen weiter geschrieben, damit nicht etwa durch das Anhalten und Wiederingangsetzen des Uhrwerks veränderte Versuchsbedingungen hervorgerufen würden. So ging das Uhrwerk ständig und immer bestand infolgedessen das leichte Geräusch desselben.

Die **Kurve Nr. 35** stellt ein aus der $2^1/_2$ m langen Kurve herausgeschnittenes Stück dar, und zwar beginnt dasselbe etwa 8 Minuten, nachdem bei der scheinbar schlafenden Versuchsperson die Registrierung des Arm- und Gehirnvolumens eingesetzt hat (um 12 Uhr 8 Minuten).

Man ersieht aus der Kurve das rhythmische An- und Abschwellen der Atmungstiefe, das in nicht ganz regelmäßigen Zwischeräumen erfolgt, und zu maximalen Atmungstiefen, z. B. bei z, v, w und y führt. Bei x hat die Versuchsperson eine von den im Schlaf sehr häufigen Bewegungen gemacht, die sich sofort an der Arm- und Gehirnkurve ausprägt.

Die Armvolumkurve zeigt sehr ausgeprägte Atmungsschwankungen, die auch an der Gehirnkurve deutlich nachweisbar sind, bei *K. S.* ertönt ein Glockensignal.

Das Armvolumen zeigt einen sehr deutlichen Abfall mit nachfolgendem Anstieg und auch das Gehirnvolumen läßt eine deutliche Reaktion bei genauer Betrachtung erkennen.

Bei *U* wurde mit dem Aufziehen des fast abgelaufenen Uhrwerks des Kymographions begonnen; das Aufziehen nimmt den Zeitraum bis *E* in Anspruch. Es zeigt sich sofort ein Unregelmäßigwerden und Aussetzen der Atmung fast während der ganzen Dauer des mit dem Aufziehen einhergehenden Geräusches. Erst gegen Ende der Prozedur setzt die Atmung wieder ein. Am Armvolumen tritt sofort, als dies neue Geräusch sich zu dem Surren des Gangwerkes hinzugesellte, eine sehr beträchtliche Volumensenkung mit nachfolgendem Anstieg ein. Das Aufhören des Geräusches bei *E* dagegen rief kaum wesentliche Veränderung hervor.

Das Gehirnvolumen zeigt einen sehr deutlichen Anstieg mit einem Gipfel bei *R*, der einer Senkung des Armvolumens entspricht. Dem Aufhören der Geräusche bei *E* entsprechen deutlich auffallend niedrige Pulswellen des Gehirns.

Es ergibt sich somit, daß in diesem scheinbaren Schlafzustand noch eine sehr deutliche und ausgeprägte Reaktion auf Schallreize erfolgt, wie im Wachzustande. Unmittelbar vorhergehende Versuche hatten auch festgestellt, daß diese Tatsache auch für Berührungsreize in diesem Zustand galt.

12 Uhr 22 Minuten erfolgt keine deutliche Reaktion mehr, als eine angeschlagene Stimmgabel vor das Ohr der anscheinend schlafenden Versuchsperson gehalten wird. Dagegen ruft 12 Uhr 26 Minuten das Aufziehen des Uhrwerks wieder eine deutliche Veränderung am Gehirn- und Armvolumen hervor, eine Mitteilung dieser Kurvenstrecke scheint mir überflüssig.

Kurve Nr. 36 enthält die Zeit von 12 Uhr 29 Minuten bis 12 Uhr 39 Minuten. Sie zeigt, wie bei einer bei *P* stattfindenden Berührung des rechten Ohres mit einem Pinsel sofort ein Absinken des Armvolumens und eine deutliche Veränderung im

Gehirnvolumen erfolgt, obwohl das sonstige Verhalten der Versuchsperson nichts erkennen läßt, was darauf hindeutet, daß der Berührungsreiz perzipiert worden sei. Im übrigen bietet diese Kurve die schon wiederholt geschilderten rhythmischen Schwankungen in der Atmungstiefe und die sehr ausgeprägten Respirationswellen am Armvolumen dar. Die jähen Schwankungen der Volumina bei *x* sind auch hier durch zuckende Bewegungen, wie sie bei Schlafenden so häufig beobachtet werden, hervorgerufen.

Kurve Nr. 37[1]) enthält die Zeit von 12 Uhr 36 Minuten an. Bei *K. S.* ertönt nochmals, wie wiederholt im Verlaufe des Versuches, das Glockensignal. Es erfolgt jetzt keine Reaktion, weder an der Arm- noch an der Gehirnkurve, während z. B. in Kurve 35 zu einem Zeitpunkt von 12 Uhr 10 Minuten noch eine deutliche Reaktion erfolgte. Es geht aus dieser Tatsache zweifellos hervor, daß die Schlaftiefe im Verlauf des Versuches zugenommen hat.

Noch viel deutlicher zeigt sich dies, als bald nachher (12 Uhr 39 Minuten) das Uhrwerk abzulaufen drohte und ein Neuaufziehen desselben notwendig wurde *(U—E)*. Während in Kurve 35 sofort beim Beginn des Aufziehens sich eine Alteration der Atmung einstellte und das Armvolumen sehr ausgedehnte und anhaltende Schwankungen erkennen ließ und auch das Gehirnvolumen ausgeprägte Reaktionen darbot und dasselbe auch bei einem zeitlich in Kurve 36 kurz vorhergehenden Aufziehen, allerdings weniger intensiv, der Fall war, zeigt sich jetzt weder an der Respirations-, noch an der Arm- und Gehirnkurve eine Veränderung. Zu Messungen der Pulslängen kann diese letzte Strecke während des Aufziehens des Uhrwerkes nicht gut benuzt werden, da selbstverständlich geringe Schwankungen in der Ganggeschwindigkeit während

1) Um bei der Reproduktion nicht allzu lange Kurven zu erhalten, ist der Anfangsteil dieser Kurve 37 im Zusammenhang mit der Kurve 36, an die sie unmittelbar anschließt, reproduziert. Kurve 37 *b* ist die direkte Fortsetzung von 37 *a*.

des Aufziehens auftreten; messen wir aber die Pulslängen bei *K. S.*, wo der Gang ein gleichmäßiger ist, so finden wir keine Veränderungen durch den Reiz; geringe Differenzen könnten allerdings bei dieser Schreibweise übersehen werden, weshalb ich hier größeres Gewicht auf die Pulsationshöhe und die Volumzunahme, wie sie sich im Zustand des Wachens und in weniger tiefem Schlafe findet, legen möchte. In Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Mays kommen wir also zu dem Resultate, daß im tiefen Schlaf Reize keine Wirkung auf die Gehirnkurve ausüben, während sie bei geringerer Schlaftiefe, wie dies auch Mosso und Brodmann gesehen haben, eine sehr deutliche Reaktion hervorrufen. Diese Beobachtungen entsprechen also den von Sander, Mentz und Lehmann erhobenen Befunden und wir müssen annehmen, daß erst in Kurve 37 die Schlaftiefe erreicht war, bei der Bewußtseinsvorgänge unter der Einwirkung äußerer Reize ausgeschlossen waren. Diese Beobachtungen bilden auch eine Bestätigung unseres Satzes VIII (S. 126). Wir müssen annehmen, daß die bei geringer Schlaftiefe angewandten Reize noch Bewußtseinsvorgänge hervorgerufen haben, die aber zum großen Teil wieder vergessen wurden, denn eine genaue spätere Befragung der Versuchsperson ergab, daß sie sich nur einzelner Reize dunkel erinnert, sich andere dagegen, obwohl sie direkt nach denselben gefragt wurde und auf welche die Gehirnkurve deutlich reagiert hatte, nicht ins Gedächtnis zurückrufen konnte. Wir können die hier mitgeteilten Beobachtungen dahin zusammenfassen, daß im tiefen Schlaf keine Veränderungen der Gehirnkurve bezüglich ihres Volumens oder der Pulshöhe auf äußere Reize auftreten und gelangen damit in Übereinstimmung mit Lehmann zu dem allgemeineren Satz:

Satz XI. Ein äußerer Reiz muß bis zum Bewußtsein durchdringen, um Veränderungen an der Gehirnkurve bezüglich des Volumens und der Pulsationshöhe hervorzurufen.

Anhangsweise will ich hier erwähnen, daß ich, ganz entsprechend den Beobachtungen Lehmanns in Narkose und Hypnose, bei Hysterischen mit halbseitigen Sensibilitäts- und Schmerzempfindungsstörungen auf symmetrisch angewandte Schmerzreize quantitativ verschiedene Ausschläge an der plethysmographischen Kurve des Arms erhalten habe. Leider habe ich trotz der vielen Kranken, die ich untersuchte, keine Kurve von einer Patientin mit vollständig halbseitiger Aufhebung aller Empfindungsqualitäten aufnehmen können und ich sehe auch hier von der Mitteilung von Kurven ab, besonders da eine genaue quantitative Dosierung der Schmerzreize, die da notwendig erscheint, wo es sich nur um Differenzen der Empfindungsintensität und nicht um vollständige Aufhebung von Empfindungen handelt, äußerst schwierig ist.

c) Schlaf und Wachzustand.

Ich will hier nicht auf die Theorien des Schlafes und ihre Besprechungen eingehen, da ich mich diesem Thema nicht gewachsen fühle und auch nichts wesentlich Neues beizubringen vermöchte; auch den Zustand des Erwachens aus dem Schlaf will ich hier nicht erörtern, zumal da dies in so ausführlicher und klarer Weise in den schönen Untersuchungen Brodmanns geschehen ist (l. c. p. 47 ff.), sondern ich will hier nur darauf hinweisen, wie sich das Gehirnvolumen und seine Pulsationen im tiefen Schlafe, in dem, wie wir oben sahen, alle Reaktionen auf Reize aufgehoben sind, zu demjenigen des vollständigen Wachzustandes verhalten. Eine Theorie wie die Wundtsche, die im Apperzeptionszentrum ein hypothetisches Schlafzentrum vermutet (l. c. Bd. III, p. 620), ist deshalb schon unhaltbar, da der berühmte Goltzsche Hund ohne Großhirn, dessen Stirnhirn zerstört war, noch einen regelmäßigen Wechsel von Schlaf und Wachen darbot (Archiv f. d. gesamte Physiologie 1892, Bd. LI, p. 570) und sich aus diesem Versuche ergibt, daß wir im Großhirn selbst nicht

die primäre Ursache des Schlafes zu suchen haben, obwohl es bei dem Zustandekommen desselben beteiligt sein kann.

Betrachten wir nochmals unsere **Kurve 37**, die wir bis zum Aufziehen des Uhrwerkes von *U—E* besprochen hatten.

12 Uhr 42 Minuten wurde die tiefschlafende Versuchsperson wiederholt bei Namen angerufen. Erst nach längerem Rufen erwachte dieselbe.

Die Atmungskurve, die etwas durch interkurrente Bewegungen verunstaltet ist, läßt sehr schön die unregelmäßige, bald aus rasch aufeinanderfolgenden, tiefen Atemzügen bestehende, bald längere Zeit aussetzende Atmung im Anfang des Wachzustandes erkennen. Erst ganz allmählich, etwa von *A* ab, wird die Atmung eine gleichmäßigere.

Um 12 Uhr 50 Minuten beträgt die Atemfrequenz:

	10	Atemzüge	= 35,5	mm
	1	„	= 3,55	„
Kurz vor *R*	10	„	= 40,0	„
	1	„	= 4,0	„

Weiteres läßt sich aus der Atmungskurve bei dem Übergang aus dem Schlaf- in den Wachzustand nicht entnehmen.

Die Armkurve ist zunächst durch Bewegungen und die unregelmäßige Atmung erheblich verunstaltet, so daß Schlüsse auf das Volumen nicht gezogen werden können.

Auch in den nächsten Minuten finden noch sehr jähe Schwankungen in dem Armvolumen statt und erst kurz vor *A*, zu einer Zeit, die etwa 12 Uhr 48 Minuten entsprechen würde, also 6 Minuten nach dem Erwachen, wird das Volumen ein mehr gleichmäßiges. 12 Uhr 50 Minuten haben sich die Respirationsschwankungen noch weiter verflacht. Die Versuchsperson ist jetzt vollständig wach, wie es aus ihrem Verhalten mit Sicherheit hervorgeht.

Vergleichen wir jetzt das mittlere Armvolumen bei *B*, also im Wachzustande, mit demjenigen kurz vor *R*, so finden wir, daß eine Differenz des Armvolumens im Wachzustande und im tiefen

Schlaf nicht besteht und, daß diese jähen Volumensschwankungen lediglich im Zustand des Erwachens auftreten und nach ca. 8 Minuten einem Gleichgewichtszustand, in dem die Armgefäße dieselbe Füllung darbieten, die sie im Schlaf besaßen, Platz machen. Auch die Pulsform scheint, soweit dies aus der sehr klein geschriebenen Kurve entnommen werden kann, keine prinzipielle Differenz in beiden Bewußtseinszuständen darzubieten. Eine Entscheidung darüber, wie weit die Volumenschwankungen beim Erwachen primär sind, wie weit sie durch den veränderten Atmungstypus hervorgerufen werden und wie weit sie endlich nur vorgetäuscht werden durch Bewegungen, dies zu entscheiden liegt außer unseren Kenntnissen, wir können lediglich den Zustand während des Schlafes und denjenigen nach vollständigem Erwachen miteinander vergleichen und kommen hierbei zu dem Resultate, daß bezüglich des Armvolumens ein Unterschied nicht nachgewiesen werden kann.

Das Gehirnvolumen zeigt zunächst ebenfalls unter dem Einfluß der veränderten Atmung und der stattfindenden Bewegungen sehr ausgeprägte Schwankungen. Kurze Zeit nach dem Erwachen treten bei S sehr hohe Gehirnpulsationen auf, die die Pulsationen vor R im Durchschnitt um das Vierfache übertreffen. Rascher als das Armvolumen stellt sich das Gehirnvolumen auf ein mittleres Niveau ein. Von T an finden nur noch unbedeutende Schwankungen statt.

Das mittlere Gehirnvolumen bei B ist nicht höher, als das Gehirnvolumen vor R im Schlafzustand und auch bezüglich der Höhe der Gehirnpulsationen ist zwischen beiden Bewußtseinszuständen ein Unterschied, wenn für absolute gleiche Lage des Körpers Sorge getragen wird, nicht nachweisbar. Ebenso wie am Armvolumen vollziehen sich auch am Gehirnvolumen während der Übergangszeit vom Schlaf- zum Wachzustand sehr ausgeprägte, zum Teil vielleicht primäre, der Hauptsache nach aber sicher sekundäre, durch den veränderten Respirationstypus und die unvermeidlichen Bewegungen hervorgerufene Veränderungen, die bereits 5 Minuten

nach dem Erwachen einem Gleichgewichtszustand an der Gehirnkurve Platz gemacht haben. Es zeigt sich auch hier wieder, daß die Gehirnkurve rascher ihre mittlere Einstellung gewinnt, als dies am Armvolumen der Fall ist und daß das Gehirnvolumen nicht so exquisiten Schwankungen unterworfen ist, wie sie das Armvolumen beim Übergang vom Schlafe in den Wachzustand durchzumachen hat.

Diese Kurve ergibt somit, daß das Gehirn- und Armvolumen im tiefen Schlaf- und Wachzustand keine Differenzen darzubieten brauchen und wir können dies, soweit es uns hier interessiert, dahin zusammenfassen:

Satz XII. Es besteht nicht notwendigerweise eine Differenz der Gehirnkurve im tiefen Schlaf und im Wachzustande. Das Gehirnvolumen und die Pulsationshöhe des Gehirns können in beiden Bewußtseinszuständen gleich sein.

IX. Die physiologischen Ursachen der Veränderungen der Volumkurve des Gehirnes und das Verhältnis der letzteren zu den psychischen Erscheinungen.

In den folgenden Ausführungen soll nicht auf das gegenseitige Verhältnis der Gehirn- und Armvolumkurve eingegangen werden, wir haben die Veränderungen des Armvolumens aus den Untersuchungen Lehmanns als physische Begleiterscheinungen der psychischen Vorgänge kennen gelernt und müssen ihre zeitliche Nachfolge als beweisend dafür ansehen, daß sie nur Folgewirkungen, der mit dem psychischen Prozeß einhergehenden kortikalen physischen Vorgänge sind. Die Annahme einer Reziprozität zwischen Arm- und Gehirnvolumen, wie sie ursprünglich Mosso vermutete, später aber selbst als irrtümlich verwarf, eine Annahme, zu der Lehmann eine gewisse Neigung zu besitzen scheint, indem er ausführt, die von ihm am Armvolumen beobachteten Erscheinungen hätten vielleicht den Zweck, den Blutkreislauf im Gehirn in zweckmäßiger Weise zu beeinflussen, hat sich auch aus unseren Untersuchungen nicht erhärten lassen, im Gegenteil es besteht eine große Unabhängigkeit der Arm- und Gehirnkurve und nur da, wo eine allgemeine — das ganze Zirkulationssystem betreffende — Veränderung, die wir mit Mosso als hydraulische Ursache bezeichnen wollen, vorliegt, nur da finden wir eine gleichförmige, nicht reziproke, Veränderung an beiden Kurven. Wir fassen die an der Armkurve zu beobachtenden Er-

scheinungen mit Wundt als einfache Symptome einer Alteration der zerebralen Innervation auf. Die an den Kurven mehrfach angestellten Vergleiche des zeitlichen Verhältnisses ergaben, daß die Gehirnkurve der Armkurve da, wo gemeinsame Ursachen der Veränderung beide treffen, um 1—2 Pulsschläge vorauseilt, so daß jedenfalls von einer Abhängigkeit der Gehirnkurve von der Armkurve nicht die Rede sein kann. Die Veränderungen beider können sehr oft auf eine gemeinsame Ursache, die sich nur an der Gehirnkurve früher geltend macht, bezogen werden. Für unsere Betrachtungen sehen wir zunächst die Erscheinungen an der Gehirnkurve ebenso wie diejenigen des Armvolumens als physische Begleiterscheinungen der psychischen Prozesse an und wollen erst nach den physiologischen Erörterungen weiter auf das Verhältnis zu den psychischen Erscheinungen eingehen. Zunächst müssen wir besprechen, welche von den an der Hirnkurve beobachteten Erscheinungen auf andere, etwa die an der Atmung eintretenden Veränderungen etc. zurückgeführt werden müssen und sich also eigentlich im Wundtschen Sinne als Störung II. Art darstellen. Wir können hier nur im allgemeinen die physiologische Seite der Erscheinungen erörtern, da im Spezialfall unendlich viele Komplikationen mit anderen im Gefäßsystem sich abspielenden Druckvariationen die Analyse erschweren event. unmöglich machen können.

Betrachten wir zunächst die Volumschwankungen des Gehirns, so müssen wir von vornherein hervorheben, daß wir den Liquor cerebrospinalis bei unseren, einen verhältnismäßig kurzen Zeitraum umfassenden und unter den gleichen statischen Bedingungen aufgenommenen, Kurven vernachlässigen können. Die Zirkulation im Schädel geht unter genau denselben Bedingungen vor sich wie in irgend einem anderen Organ und die geistreichen Deduktionen Geigels und anderer haben sich als illusorisch erwiesen. Schon oben bei Besprechung der Variationen des Armvolumens (p. 66) haben wir als Hauptmomente für dieselben kennen gelernt:

1) den arteriellen Zufluß und

2) den venösen Abfluß.

Das gleiche gilt für das Gehirnvolumen.

Am einfachsten zu erledigen ist der Einfluß des venösen Abflusses auf das Gehirnvolumen: eine Behinderung desselben geht natürlich mit einer Zunahme des Gehirnvolumens, eine Erleichterung desselben bei sonst gleichbleibenden Bedingungen mit einer Abnahme des Gehirnvolumens einher. Die Behinderung resp. Erleichterung des venösen Abflusses kann eine rein lokale Ursache haben, z. B. die Kompression der Jugulares, die Mosso experimentell durch ein um den Hals geschlungenes Band, wie schon oben erwähnt wurde, erzielt hat; diese lokalen Ursachen kommen bei unsern Versuchsbedingungen nicht in Betracht. Andererseits können die Veränderungen des venösen Abflusses und das ist das häufigere, durch allgemeine, hydraulische Ursachen bedingt sein und hier ist es vor allem die Atmung, die durch ihren Einfluß auf die rechte Herzkammer bedeutende Variationen hervorzurufen vermag. Tritt eine Änderung des venösen Abflusses ohne gleichzeitige sonstige Alterationen in dem arteriellen Abschnitte des Gefäßsystems auf, was natürlich nur vorübergehend möglich ist, besteht z. B. eine kurze Behinderung des venösen Abflusses, so läßt sich dies glücklicherweise, wie Mosso gezeigt hat (Blutkreislauf etc. p. 108, Fig. 31) leicht aus der Form der Volumkurve ablesen, indem die Scheitelpunkte der Pulsationsschwankungen annähernd in einer Linie stehen, jedoch der Basalteil der Kurven ausgeprägte Abweichungen in der gegenseitigen Lage darbietet. Kompliziert sich jedoch eine Alteration des venösen Abflusses, wie es fast immer und nicht nur bei längerer Dauer der Störung der Fall ist, mit anderen, im arteriellen Teil des Gefäßsystems vielleicht infolge der gleichen primären Ursache sich abspielenden, Druckveränderungen, so kann es oft unmöglich sein, auch nur eine annähernde Analyse der durch die Summation oder Interferenz der Erscheinungen modifizierten plethysmograpischen Kurve des Gehirns zu geben.

Gehen wir auf die isolierte Änderung des arteriellen Zuflusses ein, so ist dieselbe, wie schon oben bei Besprechung der Armkurve erwähnt, vor allem von zwei Momenten abhängig und zwar a) von der Herztätigkeit und b) von der Weite der Blutgefäße des betreffenden Organs, also hier des Gehirnes. Es sind also auch allgemeine, das ganze Gefäßsystem treffende, Ursachen und lokale Veränderungen zu unterscheiden. Eine Zunahme des Gehirnvolumens — von dem venösem Abfluß sehen wir zunächst wieder ab — kann also erstens durch allgemeine, das ganze Gefäßsystem treffende Ursache bedingt sein. Nimmt die Herztätigkeit zu, d. h. erfolgen die Herzschläge aus irgend einer Ursache rascher aufeinander, so wird, eine kräftige Kontraktion des Herzmuskels vorausgesetzt, mehr Blut in das Gefäßsystem geworfen. Die Arterien sind prall gefüllt, an dieser allgemeinen stärkeren Füllung beteiligen sich auch die Gehirngefäße und das Gehirnvolumen steigt also an; der Blutdruck ist dabei ein erhöhter. Andererseits kann die Zunahme des Gehirnvolumens durch lokale Ursachen hervorgerufen sein, indem sich bei gleichbleibender Herztätigkeit und unverändertem allgemeinen Blutdruck die Gehirngefäße erweitern und so eine größere Blutmenge in das Gehirn eintritt und eine Volumzunahme desselben bedingt. Endlich können sich natürlich und auch das wird gar nicht selten der Fall sein, lokale und allgemeine Ursachen summieren und könnten eine bedeutende Vermehrung des Gehirnvolumens bedingen, wenn nicht durch die mit der allgemeinen Drucksteigerung einhergehende größere Stromgeschwindigkeit ein gewisser Ausgleich geschaffen würde. Dem gegenüber wird eine Abnahme des Gehirnvolumens auch durch die gleichen allgemeinen und lokalen Ursachen hervorgerufen, indem ein Langsamerwerden der Herzschläge mit einer Volumabnahme einhergeht und auch eine lokale Kontraktion der arteriellen Gefäße des Gehirns dasselbe bedingen muß. Auch hier können die beiden Ursachen gleichzeitig wirken und andererseits können die Ursachen der Volumsvermehrung mit denen, die allein zur Volumabnahme führen

würden, interferieren, so daß namentlich dann, wenn auch noch eine Alteration des venösen Abflusses hinzukommt, eine den Tatsachen entsprechende physiologische Deutung der Hirnkurve allein fast unmöglich erscheint; glücklicherweise kommen noch andere Momente hinzu, die die Deutung, wenigstens soweit wir sie hier brauchen, ermöglichen.

Wenden wir uns nun den Schwankungen der Pulsationshöhe — der wechselnden Größe der Wellen I. Ordnung — an den Gehirnkurven zu, so kann eine Zunahme derselben sowohl durch ausgiebigere Herzkontraktionen, was keineswegs mit einer Zunahme des Blutdruckes sondern, nur mit großen Schwankungen desselben, gleichbedeutend ist, oder durch Erweiterungen der Gefäße des Gehirns, die leichter den an Größe gleichbleibenden Wellen nachgeben, bedingt sein. Das gleiche gilt für eine Abnahme der Pulsationshöhe; dieselbe kann durch eine allgemeine Ursache, also durch weniger ausgiebige Kontraktion des Herzmuskels, namentlich bei rascher Aufeinanderfolge der einzelnen Kontraktionen und höherem Blutdruck oder bei gleichbleibenden allgemeinen Druckverhältnissen im Gefäßsystem, durch lokale Ursachen, also Kontraktionen der Gehirngefäße verursacht sein. Diese an der Pulsationshöhe zu beobachtenden Erscheinungen werden sich natürlich mit den Volumschwankungen in mancherlei Weise kombinieren. Nehmen wir, um ein möglichst einfaches Beispiel zu wählen, an: die Herztätigkeit nimmt rasch zu, so wird mehr Blut ins Gefäßsystem geworfen, der Blutdruck steigt, die Strömungsgeschwindigkeit in den Gefäßen wird eine größere, die Variationen des Druckes in den einzelnen Phasen der Herztätigkeit werden meist geringer. Was haben wir also am Gehirn zu erwarten? Das Volumen muß entsprechend der Steigerung des arteriellen Blutzuflusses zunehmen, die Höhe der einzelnen Pulsationen wird aber nicht zunehmen, sondern eher eine Tendenz zur Verminderung zeigen. Tritt nun zu dieser allgemeinen Ursache noch eine lokale Veränderung hinzu, kontrahieren sich z. B. aus irgend einer Ursache die Hirngefäße, während die Herztätig-

keit schneller wird, so werden die zur Beobachtung kommenden Erscheinungen eine Resultante aus den Wirkungen der allgemeinen und lokalen Ursachen sein: Das Volumen wird also infolge der allgemeinen Blutdrucksteigerung zu-, infolge der Gefäßverengerungen abnehmen; überwiegt erstere, so nimmt das Volumen etwas zu, die Pulsationen werden dabei deutlich kleiner, da für sie die Ursachen summierend wirken. Diese einfachen Beispiele mögen zeigen, wie schwierig oft die Deutung der Versuchsresultate ist und mir nochmals die Gelegenheit geben, daraufhin hinzuweisen, daß nur einwandsfreie Kurven einer Analyse unterzogen werden dürfen. Die gleichzeitig geschriebene Armvolumkurve läßt uns glücklicherweise die allgemeinen, das ganze Gefäßsystem betreffenden, Variationen meist erkennen und ermöglicht so die Deutung der Hirnkurven.

Gehen wir jetzt zur Besprechung unserer Resultate über. In Satz I, II und III (S. 85 u. 100) finden wir Befunde niedergelegt, die aussagen, daß eine Konzentration der Aufmerksamkeit auf eine geistige Aufgabe oder auf Sinnesreize mit einer Zunahme des Gehirnvolumens und seiner Pulsationshöhe einhergeht. Da wir fast in allen meinen Kurven einen gleichzeitigen Anstieg des Armvolumens finden, so kann die Zunahme des Volumens wohl zum Teil auf eine gemeinsame Ursache zurückgeführt werden, wogegen der Befund, daß der Anstieg in der Hirnkurve sich oft früher zeigt, als am Armvolumen, nicht spricht, da, wie schon oben hervorgehoben, sich dieselbe allgemeine Ursache an der Hirnkurve eher geltend zu machen pflegt, als an der Armkurve. Auch die anfängliche Zunahme der Höhe der Pulsationen am Gehirn geht meist mit einer solchen des Arms einher, sodaß auch diese auf eine allgemeine hydraulische Ursache ungezwungen zurückgeführt werden könnte. Der Umstand jedoch, daß beim Nachlassen der Pulsationshöhe des Arms die Gehirnpulsationen immer noch erhöht bleiben, sprechen für eine gleichzeitige lokale Erweiterung der Gehirngefäße. Ganz abgesehen von meinen Befunden, geht das noch viel deutlicher aus den Kurven Mossos

z. B. Fig. 19 p. 67 (Blutkreislauf) hervor, obwohl ich solche bedeutende Variationen wie Mosso nie gesehen habe und neben dem oben angeführten hypothetischen Grund den Verdacht doch nicht ganz unterdrücken kann, daß Atmungsänderungen mitgewirkt haben, von dem mich Fig. 20, p. 71 in Mossos Arbeit namentlich auch im Hinblick auf seine später mitgeteilte Fig, 53, p. 137 nicht befreien kann, sondern eher bestärken muß, da die Atmung in Fig. 20 keineswegs erst nach Lösung der Aufgabe unregelmäßig wird. Doch das sind Bedenken, die an der Tatsache an sich nichts ändern und nur die quantitative Seite der Befunde berühren. Außer den allgemeinen Veränderungen am Gefäßsystem und in der Atmung finden wir:

Eine Konzentration der Aufmerksamkeit und psychische Arbeit geht mit einer aktiven Erweiterung der Gehirngefäße einher.

Ob die beim Erschrecken auftretende anfängliche Zunahme des Gehirnvolumens (Satz IV p. 106) auf allgemeine Ursachen zurückzuführen ist, ist bei dem Versagen der Armkurve nicht zu beweisen, scheint aber höchst wahrscheinlich. Wie schon oben hervorgehoben wurde, geht

der Schreck mit einer aktiven Kontraktion der Gehirngefäße einher,

die als eine lokale und diejenige in anderen Gefäßgebieten zum Teil überdauernde Innervationsänderung aufgefaßt werden muß. Da wir bei der Spannung und Lösung Veränderungen an der Gehirnkurve nicht gefunden haben und da ferner auch die unter Abschnitt VIII, 4 (p. 145) erwähnten Versuche nichts ergeben haben, das hier einer weiteren Erörterung inbezug auf die physiologischen Erscheinungen bedürfte, so wenden wir uns jetzt noch der Besprechung der Wirkung der Lust und Unlust auf die Gehirnkurve zu, indem wir Satz VI (p. 123) und Satz X (p. 141) unseren Betrachtungen zugrunde legen.

Nach Satz VI gehen unlustbetonte Empfindungen mit einer Zunahme des Gehirnvolumens und Abnahme der Pulsationshöhe

desselben einher. Das Gehirnvolumen ist also vermehrt und wir müssen zunächst untersuchen, ob allgemeine oder lokale Ursachen diese Zunahme herbeigeführt haben. Von lokalen Ursachen käme nur eine Erweiterung der Gehirngefäße, da eine lokale Behinderung des venösen Abflusses ausgeschlossen erscheint, in Betracht, gegen diese spricht die Abnahme der Pulsationshöhe des Gehirns. Es bleiben also nur allgemeine Ursachen als Grund der Volumzunahme übrig und da müssen wir die sonstigen physiologischen Begleiterscheinungen der Unlust durchgehen, ob sie eine Zunahme des Gehirnvolumens veranlassen können und wir kommen dabei zu dem Resultate, daß sie infolge ihrer Einwirkung auf die allgemeinen Verhältnisse des Kreislaufs dazu geeignet sind, und zwar erstens durch ihre Einwirkung auf den arteriellen und zweitens durch ihre eventuelle Wirkung auf den venösen Abschnitt des Gefäßsystems. Unlust geht mit einer Zunahme der Herzfrequenz einher, was, wie oben ausführlich erörtert wurde, eine Zunahme des Gehirnvolumens zu bedingen vermag; daß in Unlustzuständen auch der Blutdruck ein sehr hoher ist, wissen wir aus den Untersuchungen von Pilcz (Die periodischen Geistesstörungen, Jena 1901) und anderer. Pilcz fand z. B. in einem Depressionszustand mit Angst einen Blutdruck von 140—200 mm Hg, während der normale Blutdruck etwa 105—130 mm beträgt. Also die Zunahme der Herzfrequenz an sich und die dadurch bedingte Blutdruckerhöhung könnte die Zunahme des Gehirnvolumens bedingen. Als weitere Ursache, die eventuell in demselben Sinne wirkt, käme noch folgendes in Betracht. Erinnern wir uns der schönen Untersuchungen von Zoneff und Meumann, die die thorakale und abdominale Atmung gleichzeitig schrieben und bei der Unlust fanden, daß die mit derselben einhergehende Atmungsvertiefung vor allem die thorakale und weniger die abdominale Atmung betrifft, so wäre zu erwägen, ob dieser veränderte Atemtypus nicht etwa mit Veränderungen des venösen Abflusses einhergeht, die sich am Gehirn geltend machen könnten, ohne daß sie sonst am Gefäßsystem nachweisbar wären. Da ich nur die



abdominale Atmung geschrieben, kann ich diese Alterationen nicht in so klarer Weise feststellen. Der Umstand jedoch, daß die Form des Gehirnpulses nicht für eine stärkere Alteration des venösen Abflusses spricht, scheint mir dafür ausschlaggebend zu sein, daß vor allem die mit der Beschleunigung der Herzschläge einhergehende Zunahme des arteriellen Druckes die Volumvermehrung des Gehirns bedingt. Ich möchte sie also mit großer Wahrscheinlichkeit als eine sekundäre, von den übrigen physischen Begleiterscheinungen der Unlust abhängige und keineswegs als notwendige Folgeerscheinung derselben anzusehende Veränderung auffassen. Die Abnahme der Pulsationshöhe des Gehirns kann auch auf die mit der Beschleunigung einhergehende geringere Ausgiebigkeit der Herzkontraktionen bezogen werden, so daß auch sie auf allgemeine hydraulische Ursachen zurückgeführt werden könnte. Dagegen spricht aber die Form der Welle, die nicht eine einfache Abnahme der Pulsationshöhe, sondern eine aktive, oft plötzlich einsetzende und zunächst auch wieder schwindende Kontraktion der Gehirngefäße erkennen läßt. Es liegen also auch neben, den von den sonstigen Begleiterscheinungen der Unlust abhängigen, Veränderungen der Hirnkurve selbständige und nicht auf dieselben zurückzuführende Alterationen in dem Innervationszustand der Gehirngefäße im Sinne einer Kontraktion derselben vor. Eine Kontraktion sämtlicher Gehirngefäße müßte aber trotz aller Beschleunigung der Herztätigkeit und dadurch bedingter Blutdruckzunahme mit einer Abnahme des Gehirnvolumens einhergehen; da die Zunahme des Gehirnvolumens so deutlich überwiegt, so kann die Kontraktion nur ein beschränktes Gefäßgebiet des Gehirns, und da nach Burckhardt wesentlich die Arterien des bloßliegenden Gehirnteils die Pulsation bedingen, nur die Rindengefäße betreffen. Nur über sie lassen uns unsere Kurven etwas aussagen. Daß dies aber nicht etwa eine in der Rinde örtlich begrenzte Kontraktion ist, geht glücklicherweise aus Mossos Untersuchungen an Bertino hervor, wie schon oben erwähnt wurde. Er fand nämlich, daß

ein Eingeben unangenehm schmeckender Arznei mit einer deutlichen Kontraktion der Gehirngefäße einhergeht. In seinem Fall handelt es sich also um eine Kontraktion der Gefäße des Stirnlappens, in unseren Versuchen kontrahieren sich die Gefäße des Lob. parietal. inferior; wir werden also nicht fehlgehen, wenn wir eine Kontraktion der sämtlichen Rindengefäße, also mindestens aller Rindengefäße, soweit sie von der Arteria fossae Sylvii abstammen und also demselben Gefäßgebiet angehören, annehmen. Das einzige, was also bei unserer Betrachtung der Begleiterscheinungen der Unlust an der Gehirnkurve als physiologisch primäre Erscheinung, die den anderen Begleiterscheinungen koordiniert ist, übrig geblieben ist, ist eine aktive Kontraktion der Rindengefäße.

Betrachten wir in gleicher Weise die mit der Lust einhergehenden Veränderungen der Gehirnkurve, so kommen hier für die Volumabnahme auch wieder allgemeine Ursachen in Betracht, die dieselben in befriedigender Weise zu erklären vermögen, so vor allem die Verlangsamung des Herzschlags, die Abnahme des Blutdrucks — Pilcz fand bei heiteren Erregungszuständen einen Blutdruck von 60 mm Hg — und endlich die eventuelle Erleichterung des venösen Abflusses durch den veränderten Atemtypus, bei dem vor allem die abdominale Atmung nach Zoneff und Meumann vertieft wird. Es liegt also kein Grund vor, diese Veränderungen des Volumens nicht als sekundäre, von den übrigen Begleiterscheinungen abhängige und keineswegs notwendige Folgeerscheinungen aufzufassen. Trotz der Abnahme des Volumens nimmt die Pulsationshöhe zu und auch hier deutet die Pulsform und das oft länger dauernde Schwanken derselben auf eine Alteration des Innervationszustandes der Gefäße hin und tritt eine Gefäßerweiterung ein, die als durch eine lokale Erschlaffung des Gefäßwände bedingt, angesehen werden muß. Auch hier scheint mir der Umstand, daß trotz der Gefäßerweiterung die Volumabnahme überwiegt, dafür zu sprechen, daß es vorwiegend die Rindengefäße sind, die eine Erweiterung erfahren

und in Analogie mit den Betrachtungen bei Besprechung der Begleiterscheinungen der Unlust, wo uns der objektive Befund Mossos eine Feststellung der Verbreitung der Innervationsänderung über einen großen Teil, wenn nicht die ganze Hirnrinde, gestattete, kommen wir zu der Annahme einer physiologisch primären Erweiterung der Rindengefäße als Begleiterscheinung der lustbetonten Empfindungen. Von unseren Sätzen VI und X ist somit nach einer physiologischen Analyse der Erscheinungen nur übrig geblieben:

Unlustbetonte Empfindungen gehen mit einer Kontraktion, lustbetonte mit einer Erweiterung der Rindengefäße einher.

Wir haben nun noch zunächst das gegenseitige Verhältnis der physiologisch als primär erkannten Erscheinungen an den Gehirngefäßen zu den psychischen Vorgängen zu erörtern, wir haben zu entscheiden, ob es sich um die psychischen Zustände bedingende oder nur als Folgewirkungen derselben aufzufassende Innervationsänderungen an den Rindengefäßen handelt. Bezüglich der bei der Konzentration der Aufmerksamkeit beobachteten Erweiterung der Gehirngefäße hat bisher niemand angenommen, daß diese Gefäßveränderungen das Primäre seien, sondern man hat sie allgemein und mit vollem Recht als Folgeerscheinungen der ablaufenden kortikalen Prozesse aufgefaßt. Nicht so rasch zu erledigen ist das Verhältnis der Veränderungen der kortikalen Gefäße zu den psychischen Zuständen, die wir als Gefühle bezeichnen und namentlich infolge einer meiner Ansicht nach falschen Auslegung der Meynertschen Theorie, die Anämie und Hyperämie der Rinde als Grundlage der Gefühle annimmt, sind wir gezwungen, diese Verhältnisse genauer zu erörtern. Die aus den Kurven zu entnehmenden zeitlichen Verhältnisse sind nicht beweisend, da z. B. ein Kontraktionszustand der feinsten Gefäße bereits längere Zeit bestehen kann, ehe er an der, doch mehr den Innervationszustand der großen Rindengefäße darstellenden, Gehirnkurve zum Ausdruck kommt.

Eine, wie ich schon oben angedeutet habe, gewissermaßen als Modifikation der sensualistischen Theorie aufzufassende Hypothese könnte eventuell namentlich im Hinblick auf die mitgeteilten Befunde annehmen: Lust und Unlust sind Empfindungen des Innervationszustandes der Gehirngefäße. Wir müssen also diese Frage klarzustellen versuchen und haben dazu nur ein Mittel, indem wir nachweisen, daß die Veränderungen des Innervationszustandes der Gehirngefäße kein integrierender Bestandteil der Gefühle sind. Hier bietet sich uns folgendes Experiment dar, das die **Kurve** 1, die wir oben (p. 75) schon unter anderen Gesichtspunkten besprochen haben, illustriert. Nach fünf tiefen Atemzügen hält bei *A* unsere Versuchsperson am Ende der Inspiration den Atem an und erhält die Anweisung, die Atmung, solange sie kann, auszusetzen, was ihr auch 40 Sekunden lang gelingt. Nach 15 Sekunden trat, wie dies übrigens bei den meisten Menschen der Fall ist, ein allmählich an Intensität zunehmendes Unlustgefühl auf, das nach 30 Sekunden den Zustand fast unerträglich machte. Hier haben wir also ein sehr ausgesprochenes Unlustgefühl und die Kurve des Gehirns bietet keine Kontraktion der Gefäße, sondern im Gegenteil, wie schon oben erörtert, und wie die sehr ausgeprägte dikrotische Welle anzeigt, eine Erschlaffung ihrer, für die Unterbrechung der Sauerstoffzufuhr sehr empfindlichen Gefäße dar. Es folgt daraus, daß die Gefäßkontraktion kein integrierender Bestandteil der physischen Begleiterscheinungen der Unlust ist und somit in keinem Falle der Zustand der Innervation der Gehirngefäße die Ursache der Gefühle sein kann. Das gleiche gilt wohl für die Lust und bedarf keines besonderen Beweises, eventuell könnte die Kurve 29 (p. 134) herangezogen werden. Wir kommen also zu folgendem Resultate:

Der bei der Unlust beobachtete Kontraktionszustand und die mit der Lust einhergehende Erschlaffung der Gehirngefäße kann nur eine Folgeerscheinung des mit den Gefühlsvorgängen verbundenen **kortikalen** Prozesses sein.

Durch ihre sekundäre Natur verlieren jedoch die beobachteten Begleiterscheinungen der Lust und Unlust an den Gehirngefäßen nicht an ihrer Bedeutung, namentlich für die Erklärung einer ganzen Reihe von Folgeerscheinungen der Gefühle, die ihrerseits von diesen Gefäßalterationen abzuhängen scheinen. Es wäre sehr interessant, hier weiter auf dies sehr verlockende Thema und die sich darbietende physiologische Erklärung einer Reihe psychischer Symptome, die oben nur andeutungsweise gegeben werden konnte, (s. z. B. p. 106), einzugehen, wir wollen aber dieser Versuchung widerstehen und uns allgemeineren, aus den Beobachtungen sich ergebenden Betrachtungen zuwenden.

X. Allgemeine Ergebnisse.

Die Beobachtungen scheinen zugunsten der Lust-Unlusttheorie gegenüber der Wundtschen Einteilung der Gefühle zu sprechen, denn nur bei lust- und unlustbetonten Reizen haben wir Innervationsänderungen an den Gefäßen des Gehirns feststellen können. Da wir aber sahen, daß diese Veränderungen nur sekundärer Natur sind und wohl auch nur bei einer gewissen Intensität der Lust- und Unlustgefühle sich als Folgewirkungen einstellen, so können unsere Befunde nicht als beweisend gegen die Wundtsche Einteilung verwendet werden, denn einmal ist nicht gesagt, daß alle Gefühlsvorgänge sich an der Gehirnkurve erkennen zu geben brauchen und zweitens, namentlich bei schwacher Entwicklung der physischen Begleiterscheinungen, diese letzteren durch Störungen von seiten der anderen Symptome überdeckt werden können. Das entscheidende Wort wird hier immer der psychologischen Analyse zugestanden werden müssen und die Befunde berechtigen nur zu der Aussage, daß sie zugunsten der Lust-Unlusttheorie zu sprechen scheinen. Die sensualistische Theorie, deren Unhaltbarkeit von verschiedenen Seiten in überzeugender Weise dargetan wurde und die, wie ich oben hervorgehoben, den pathologischen Tatsachen auch nicht besser Rechnung trägt, als die dynamische Gefühlstheorie, wie wir dies jetzt auch noch sehen werden, kann auch in der Form, daß die Empfindungen von dem Innervationszustand und somit die Blut-

versorgung der Gehirnrinde die Grundlage des Gefühls sei, nicht aufrecht erhalten werden. Mit dem Nachweis, daß die Gefäßveränderungen nur Folgewirkungen der Gefühle seien, ist die Meynertsche Theorie keineswegs, wie viele meinen möchten, widerlegt, man darf dieselbe nicht so auffassen, daß Hyperämie und Anämie der Rinde den Gefühlen der Lust und Unlust entsprächen, in dieser Form ist sie natürlich nach einem Nachweis, daß die Veränderungen in der Weite der Blutgefäße nur sekundärer Natur seien, unhaltbar, aber so hat sie Meynert selbst gar nicht aufgefaßt, er spricht von einer genügenden Ernährung der Hirnrinde durch das zuströmende Blut, nicht die Menge des Blutes, sondern seine Beschaffenheit ist maßgebend. Es handelt sich, wenn wir uns der Geigelschen Nomenklatur bedienen, um eine Eudiaemorrhysis cerebri, „bei der eine hinreichende Versorgung der Gehirnzellen mit Sauerstoff garantiert wird", und um eine Adiaemorrhysis cerebri, einer ungenügenden Zufuhr von Sauerstoff, nach Meynerts Ansicht als Grundlage der Gefühlsvorgänge. Unser oben angeführtes Experiment (Kurve 1) trifft wohl die Anschauung, die in Anämie und Hyperämie die Grundlage der Gefühlsvorgänge sieht, vernichtend, scheint aber eher eine Bestätigung der eben angeführten Auffassung der Meynertschen Hypothese zu sein, denn in der Tat wird beim Aussetzen der Atmung das Blut in kurzer Zeit mit CO_2 überladen und können die äußerst sensiblen Gehirnzellen ihren Bedarf an O nicht decken; dem entspricht ein an Intensität zunehmendes und sich schließlich bis zur Unerträglichkeit steigerndes Unlustgefühl. Im Grunde genommen sind es also schon bei dieser Auffassung der Meynertschen Hypothese die Vorgänge in den Zellen selbst, die die Grundlage der Gefühlsvorgänge zu bilden scheinen. Es ist z. B. nicht einzusehen, wie ein rein seelischer Schmerz, z. B. bei einer tödlichen Beleidigung — um mich eines vielfach benutzten Beispiels zu bedienen — eine sofortige ungenügende Versorgung der kortikalen Zellen mit Sauerstoff oder, allgemeiner gesagt, mit Nährmaterial herbeiführen sollte, wenn man nicht in dem durch

die Beleidigung ausgelösten gewaltigen Energieumsatz in der Rinde selbst den Grund für das plötzliche Versagen der bisherigen Versorgung sieht. Und in dieser Form, wo der Energieumsatz in den kortikalen Zellen das Primäre und das Ausreichen oder Nichtausreichen der O-Zufuhr sekundär durch denselben bedingt ist und als Lust oder Unlust empfunden wird, berührt sich die Meynertsche Hypothese äußerst nahe mit der dynamischen Gefühlstheorie, die den Energieumsatz in den Zellen selbst ganz in Übereinstimmung mit unseren sonstigen allgemeinen biologischen Anschauungen als die Grundlage der Vorgänge auffaßt. Wie schon oben hervorgehoben, sagt die Wundtsche Gefühlstheorie darüber, wie die kortikalen Prozesse im Apperzeptionszentrum mit den einzelnen Gefühlsvorgängen zusammenhängen, nichts aus. Obwohl unsere Befunde im Verein mit der Beobachtung Mossos für eine diffuse, nach den objektiven Befunden sicher im Frontallappen und im Lobus parietalis inferior nachweisbare, Gefäßveränderung infolge der Gefühlsvorgänge sprechen und somit einer Lokalisation der physischen Parallelvorgänge im Stirnhirn, dem Wundtschen Apperzeptionszentrum, nicht günstig erscheinen, so sind sie doch deshalb nicht sicher beweisend, da beide angeführten Rindengebiete von den Ästen derselben Arterie, nämlich der Arteria fossae Sylvii, versorgt werden. Für eine diffuse Gefäßveränderung sprechen auch die Beobachtungen Brodmanns, obwohl sie wegen des Zusammentreffens zweier Momente, nämlich des Erwachens und des Unlustreizes, nur mit Vorbehalt verwendet werden können. In Brodmanns Falle lag der Defekt über den Occipitallappen und die in seinem, mir auch sehr wohlbekannten Falle freiliegenden Rindenteile werden von anderen Rindenarterien, nämlich der Arteria frontalis posterior und der Arteria calcarina (s. Dejerine, Tome II, p. 99 und 108 und Monakow, p. 673, Abbild. 154) versorgt. Wir kommen aber trotzdem auch hier nicht über eine gewisse Wahrscheinlichkeit diffuser, über die ganze Rinde verbreiteter Gefäßveränderungen hinaus; ist es doch sicher, daß die Folgewirkungen der örtlichen kortikalen

Prozesse bei den Gefühlsvorgängen sich auf weitere Rindengebiete erstrecken und so auch in benachbarten Gefäßbezirken der Rinde Alterationen der Innervation der Gefäße hervorrufen können.

Wie schon oben hervorgehoben, verdient die von Lehmann modifizierte Form der dynamischen Gefühlstheorie unsere volle Beachtung und wir wollen nun sehen, wie sich meine Befunde zu ihr stellen und ob sie sich von ihr aus einheitlich erklären lassen.

Das Wesentliche der Lehmannschen Theorie war folgendes: ein psychophysiologischer Prozeß ist, wenn der bei demselben stattfindende Energieumsatz durch den Stoffwechsel gedeckt werden kann, mit Lust, dann aber, wenn der Energieumsatz größer ist, als daß ihn der fortwährend stattfindende Stoffwechsel auszugleichen vermöchte, mit Unlust verbunden, und zwar ist der Energieumsatz des einzelnen zentralen Neurons maßgebend. Der Energieumsatz bestimmt also die psychischen Prozesse, wobei der nähere Zusammenhang uns ein ewiges Rätsel bleiben wird. Wir müssen uns also bei unseren Betrachtungen zunächst über die Beziehungen des Energieumsatzes eines Organs zu der Blutzirkulation in demselben orientieren. Nach Tigerstedt (Physiologie des Kreisl, p. 416) „schwankt der Blutgehalt der Kapillaren unaufhörlich, und zwar in der Weise, daß ein Organ, dem augenblicklich eine stärkere Arbeit obliegt, eine größere Blutzufuhr bekommt, als wenn es verhältnismäßig ruhend ist“ und für die größeren Gefäße gilt (p. 549) „daß jeder Körperteil unter normalen Verhältnissen gerade die Blutmenge erhält, die er nötig hat, und daß ein Körperteil durch Erweiterung seiner Gefäße um so mehr Blut erhält, je kräftiger die in ihm augenblicklich stattfindende Tätigkeit ist“. Das sind also nach den geltenden physiologischen Anschauungen die Beziehungen des Energieumsatzes zu der lokalen Zirkulation: je stärker der lokale Umsatz, um so weiter die Blutgefäße des Organs. Daß auch für das Gehirn Beziehungen zwischen dem Energieumsatz und der Gefäßweite bestehen, ist a priori selbstverständlich und Mosso hat auch bei seinen Untersuchungen wiederholt darauf hingewiesen; so schreibt

er (Kreisl. des Blutes p. 205) „es wäre zu vermuten, daß sowohl die gesteigerte Vorstellungstätigkeit, als die Gemütsbewegungen mit einer Beschleunigung des Stoffverbrauchs einhergehen, deren Folgen durch die gesteigerte Blutzufuhr auf dem Wege der erweiterten Blutgefäße ausgeglichen werden. Die große Vulnerabilität der Blutgefäße und ihre Neigung, sich bei jeder Gleichgewichtsstörung des Stoffwechsels zu erweitern, stellten einen Mechanismus dar, wodurch die für die Erhaltung des Lebens wichtigsten Verrichtungen gesichert sind". Roy und Sherrington haben in ihren Untersuchungen (On the regulation of the blood-supply of the brain, Journal of Physiology, Bd. XI, p. 96) den Satz aufgestellt: „We conclude then, that chemical products of cerebral metabolism contained in the lymph which bathes the walls of the arterials of the brain can cause variations of the calibre of the cerebral vessels: that in this re-aktion the brain possesses an intrinsic mechanism by which its vascular supply can be varied locally in correspondence with local variations of functional activity." Also auch hier finden wir die Anschauung ausgesprochen, daß der Energieumsatz ebenso wie in andern Organen die Gefäßweite bestimmt und einem gesteigerten Energieverbrauch eine Erweiterung der lokalen Gefäße entspricht. Es sind das die Anschauungen, mit denen ich auch an die Analyse der bei meinen früheren Untersuchungen erhobenen Befunde heranging. Versuchen wir nun diese Anschauungen auf unsere jetzigen Ergebnisse anzuwenden: dem Unlustgefühl entspricht nach Lehmann ein so großer lokaler Energieverbrauch, daß derselbe durch den Stoffwechsel nicht gedeckt werden kann, also zweifellos eine erhebliche Steigerung des Energieumsatzes. Einer lokalen Steigerung des Energieumsatzes entspricht nach den allgemeinen Anschauungen eine Gefäßerweiterung, wir finden hier bei der Unlust eine Kontraktion der Gefäße, also gerade das Gegenteil und es folgt daraus, daß entweder die Lehmannsche Theorie oder die Anschauungen über das Verhältnis von Energieumsatz und Gefäßweite unzutreffende sein müssen. Die Un-

möglichkeit, eine Reihe von früher beim Studium der cerebralen Zirkulation erhobenen Befunde mit den allgemeinen physiologischen Anschauungen über das Verhältnis von Energieumsatz und Gefäßweite im Zentralnervensystem in Einklang zu bringen, hatte mich schon früher an der Richtigkeit dieser Anschauungen zweifeln lassen. Gehen wir auf einen speziellen Fall näher ein: Vom Kokain wissen wir erstens aus den klinischen Erscheinungen bei Intoxikationen, ferner bei sonstigen Anwendungen und namentlich aus Mossos Untersuchungen über die Temperatur des Gehirns, daß es den Energieumsatz im Großhirn ganz erheblich steigert. Mosso hat z. B. festgestellt, daß die Gehirntemperatur im Tierexperiment nach subkutaner Kokainverabreichung in 20′ um mehr als 3° C steigt (vergl. Temp. Fig. 23 p. 77). Der Energieumsatz im Großhirn ist also zweifellos ein gesteigerter und sehen wir nun die Gehirnkurve an (Berger, Blutzirkulation in der Schädelhöhle, Taf. IV Fig 39 c), so finden wir eine Abnahme der Pulsationshöhe, die nicht etwa durch Allgemeinwirkungen bedingt ist, denn der Armpuls ist noch hoch, während die Gehirnpulsationen schon erheblich abgenommen haben und auf eine lokale Verengerung der Gehirngefäße hindeutet. Jedenfalls fehlt aber die bei einem gesteigerten kortikalen Umsatz zu erwartende Erweiterung der Gehirngefäße und findet sich eher eine Verengerung derselben bei diesem gesteigerten Stoffverbrauch im Zentralnervensystem; also auch hier schien die übliche Anschauung über die Beziehungen zwischen lokaler Gefäßweite und dem lokalen Energieumsatz zu versagen und dies veranlaßte mich seiner Zeit zu dem entsagungsvollen Schluß (l. c. p. 72): „Aus dem Zustand des Gefäßsystems können wir keinen Rückschluß auf die jeweiligen Zustände, in denen sich die spezifischen Elemente des Zentralnervensystems befinden, ziehen.“ Doch da uns jetzt neues Tatsachenmaterial zur Seite steht, wollen wir uns nicht so leicht mit diesem Ignoramus abfinden und vor allen Dingen das physiologische Geschehen etwas genauer zergliedern, indem wir den Begriff des Energieumsatzes näher ins Auge fassen. Wir halten uns hierbei ganz an

die Ausführungen Verworns in seiner meisterhaften Darstellung in der „Allgemeinen Physiologie“ (V. Aufl., Jena 1903, p. 508 ff.)

Alle Kraftäußerungen der Zellen beruhen auf chemischer Energie und als die speziellen Träger des Lebens haben wir die sehr kompliziert gebauten Biogene, deren Zerfall und Wiederauf bau den Lebensvorgängen entspricht, anzusehen. Diese Biogene sind keineswegs einheitliche Körper und wir sind zu der Annahme genötigt, daß jede Zellform ihre speziellen Biogene besitzt. Was uns hier interessiert, sind die Lebenserscheinungen der Nervenzelle, die glücklicherweise dank der Forschungen Verworns und seiner Schüler näher bekannt sind. Der Stoffwechsel der Biogene umfaßt zwei Phasen, und zwar einerseits alle die Prozesse, die im Zerfall der sehr labilen Biogenmoleküle bestehen und die man als Dissimilation, und zweitens alle jene Prozesse, die zum Wiederaufbau derselben dienen, und die man als Assimilation bezeichnet. In derselben Zelle sind höchstwahrscheinlich gleichzeitig Assimilations- und Dissimilationsprozesse der Biogene vorhanden. Soll das Leben einer Zelle erhalten bleiben, so muß natürlich ein bestimmtes Verhältnis zwischen den Assimilations- und Dissimilationsprozessen bestehen. Das Verhältnis dieser beiden Stoffwechselphasen zu einander bezeichnet Verworn als den Biotonus und drückt densenben durch den Bruch $\frac{A}{D}$ aus. Bei einem normalen Fortgang des Lebens der Zelle muß der Bruch $\frac{A}{D}$ stets $= 1$ bleiben, d. h. die Assimilationsprozesse müssen der Dissimilation die Wage halten. Eine Steigerung der Assimilationsprozesse hat im normalen erwachsenen Organismus auch eine Steigerung der Dissimilation zur Folge, so daß immer $\frac{A}{D} = 1$ bleibt und diese Tatsache bezeichnet man nach Hering als die „innere Selbststeuerung des Stoffwechsels der lebendigen Substanz“. Überwiegt aus irgend einem Grunde die Dissimilation dennoch die Assimilation, wird der den Biotonus darstellende Bruch $\frac{A}{D}$ kleiner als 1, indem sein

Nenner rascher wächst als der Zähler (also $\frac{A}{D} < 1$), so führt dies zur Atrophie und zum Tod der Zelle. Nach der allgemeinen Annahme folgen die Prozesse der Dissimilation und Assimilation unmittelbar aufeinander. Das sind die von Verworn entwickelten Anschauungen, die er zu seiner Biogenhypothese zusammenfaßt.

An der Hand derselben wollen wir nunmehr wieder auf unsere Befunde eingehen, indem wir statt des nichtssagenden Energieumsatzes oder Stoffverbrauchs die Dissimilations- und Assimilationsprozesse einsetzen wollen. Gehen wir nun auf die Wirkung des Kokains nochmals ein; Kokain steigert in der Hirnrinde die Dissimilationsprozesse, wie aus der klinischen Beobachtung und anderen Tatsachen hervorgeht. Anfangs werden die Assimilationsprozesse gleichfalls eine Zunahme erfahren und so wird zunächst noch $\frac{A}{D} = 1$ bleiben, sehr bald wird aber die anhaltende stärkere Dissimilation von der Assimilation nicht mehr gedeckt werden können, es wird $\frac{A}{D} < 1$. An den Rindengefäßen sehen wir eine Verengerung.

Bei psychischer Arbeit tritt eine Erweiterung der Rindengefäße ein; der psychischen Arbeit geht nach unseren Anschauungen ein physischer Prozeß parallel, bei dem zweifellos Dissimilationsprozesse der kortikalen Biogene statthaben. Dieselben können jedoch durch die gleichzeitige Steigerung der Assimilation gedeckt werden und $\frac{A}{D}$ bleibt bei diesen nicht so explosionsartig, wie bei der Kokainwirkung eintretendem Zerfall, dauernd $= 1$, das Stoffwechselgleichgewicht der grauen Hirnrinde bleibt erhalten, die Gefäße sind weit und befördern durch ihre Erweiterung die Assimilationsprozesse. Wir haben also zwei Tatsachen gefunden:

1. Einem Überwiegen der Dissimilationsprozesse über die Assimilation in der Rinde bei Kokainwirkung entspricht eine Gefäßverengerung und

2. Eine Steigerung der Dissimilation, der jedoch die gleichzeitig vermehrte Assimilation die Wage zu halten vermag, geht mit einer Gefäßerweiterung einher.

Dies drängt uns zu der Annahme, daß eine Beziehung des Biotonus der grauen Hirnrinde zu der Gefäßeweite besteht und daß somit wohl umgekehrt aus der Gefäßweite ein Rückschluß auf den Zustand des Stoffumsatzes der kortikalen Zellen gemacht werden kann, nur nicht in der plumpen Weise, wie ich mir das früher vorgestellt hatte. Wir kommen jetzt zu der Anschauung, daß der Biotonus die Gefäßweite bestimmt, indem einer Steigerung der Dissimilation und Assimilation, wobei $\frac{A}{D} = 1$ bleibt, eine Erweiterung, einem Überwiegen der Dissimilationsprozesse wobei $\frac{A}{D} < 1$ wird eine Kontraktion der Rindengefäße entspricht.

Wir wollen uns bemühen, diesen Vorgang verstehen zu lernen. Auch hier müssen wir wieder etwas weiter ausholen und auf allgemein physiologische Tatsachen zurückgreifen. Zunächst ist hervorzuheben, daß die Verengerung der Gefäße eines Gefäßgebiets mit einer erhöhten Strömungsgeschwindigkeit einhergeht und daß vor allem auch die Blutzirkulation in den Kapillaren von dieser Alteration betroffen wird. Je langsamer aber das Blut in den Kapillaren strömt, um so mehr Sauerstoff gibt dasselbe an die Gewebe ab und umgekehrt bei erhöhter Stromgeschwindigkeit wird die Sauerstoffabgabe eingeschränkt. Die Kontraktion der Gefäße der Hirnrinde geht also mit einer Verminderung der Sauerstoffabgabe an das Gewebe einher. Nach Verworn und den älteren Pflügerschen Anschauungen beruht die Labilität des Biogenmoleküls wesentlich auf der intramolekularen Einfügung des bei der Zellatmung eingeführten Sauerstoffs. Verworn schreibt darüber p. 600: „daß durch die Einfügung des Sauerstoffs das Biogenmolekül eine außerordentlich labile Konstitution gewinnt, d. h. daß seine intramolekulare Wärme sehr groß wird. Infolgedessen neigt das Biogenmolekül

zum Zerfall und explodiert teils schon spontan, teils auf geringe äußere Reize hin.“ Namentlich für die Biogene des Zentralnervensystems hat dies Verworn in genialen Versuchen in schlagender Weise dargetan (vergl. Ermüdung, Erschöpfung etc., Archiv für Anatomie und Physiologie, physiol. Abteilung, 1900, Suppl). Kehren wir nun zu unseren Betrachtungen zurück: wir hatten zuletzt besprochen, daß durch die Kontraktion der Gefäße die Sauerstoffabgabe eingeschränkt wird, damit wird aber, wie wir oben gehört, selbstverständlich auch die Labilität der zentralen Biogene und ihre Neigung zum Zerfall und also die Dissimilation an sich eingeschränkt. So eröffnet sich uns auch eine wahre Einsicht in die Bedeutung der an sich sekundären Gefäßveränderungen für die kortikalen Prozesse, für welche sie zum Teil also wieder ihrerseits primäre Ursachen für Abweichungen der Vorgänge in den Zellen werden können. Wir sehen die Kontraktion der Gefäße bei einem Überwiegen der Dissimilationsprozesse eintreten und jetzt offenbart sich uns ein Verständnis für den, nur in der allgemeinen Fassung, unerklärlichen Vorgang. Wenn $\frac{A}{D} < 1$ wird, kontrahieren sich die Gefäße, um die D-Prozesse einzuschränken und dem für das Gewebe und dessen Leben äußerst verhängnisvollen Zustand des Überwiegens der D-Prozesse über die A-Prozesse ein Ende zu machen, indem die Explosionsfähigkeit der zentralen Neurone durch O-Mangel geringer wird. Wir sehen also hier einen gewissen Selbstschutz dieses wertvollsten Gewebes, indem Mechanismen in Bewegung gesetzt werden, um das Stoffwechselgleichgewicht in demselben aufrecht zu erhalten und die Gefäßveränderungen stellen nur eine äußerst zweckmäßige Einrichtung dar, die der inneren Selbststeuerung des Stoffwechsels der Hirnrinde dient. Wenn wir den Biotonus als Maßstab für die Weite der kortikalen Gefäße in dem oben erörterten Sinne annehmen, lassen sich auch eine Reihe sonst unverständlicher und widersprechender Befunde in der Literatur erklären. Schulz hat z. B. gesehen, daß sich die Pialgefäße beim Tier fortwährend

erweiterten und verengerten (Petersburger med. Zeitschrift, 1866, Bd. XI). Nothnagel fand (Virchows Archiv, 1867, Bd. XL, p. 203), daß bei starken sensiblen Reizen Kontraktionen der Pialgefäße eintreten und nach ihm konnte Riegel und Jolly Veränderungen der Pialgefäße nur beim nicht narkotisierten Tier, nicht aber in der Narkose finden und glauben daher auf physikalische Ursachen diese Gefäßveränderungen zurückführen zu müssen (Virchows Archiv, 1871, Bd. LII). Um diese Befunde zu verstehen, namentlich den Widerspruch zwischen Nothnagel und Jolly aufzuklären, müssen wir auf die Wirkung der Narkose auf den zentralen Umsatz eingehen, wofür uns glücklicherweise unter Verworns Leitung angestellte Untersuchungen zur Seite stehen. Nach Winterstein (Zeitschrift für allg. Physiol., 1902, Bd. I, p. 19) lähmen die Narkotika die *A*- und *D*-Prozesse der zentralen Nervensubstanz. Eine Veränderung des Biotonus kann also in tiefer Narkose bei sensiblen Reizen nicht statthaben, die kortikalen Gefäße können infolgedessen nicht aktiv reagieren, was den Befunden von Riegel und Jolly entspricht. Außerhalb der Narkose finden aber Jolly und Riegel diese Veränderungen der kortikalen Gefäße jedoch nicht regelmäßig bei sensiblen Reizen, was auch wieder ganz erklärlich ist und von der Intensität der angewandten Reize und vor allen Dingen davon abhängt, ob das Tier seine Aufmerksamkeit auf den Reiz richtet, da nur dann ein kortikaler Umsatz stattfindet. Meist sind aber die nicht narkotisierten Tiere durch die Operation und die Hantierungen der Experimentatoren viel zu sehr in Anspruch genommen resp. besteht schon infolge der Versuchsbedingungen eine so ausgesprochene Kontraktion der Rindengefäße, daß sie nicht gut intensiver werden kann. Jedenfalls kann ich in diesen Experimenten keinen Einwand, sondern viel eher eine Stütze für meine Ausführungen sehen. Ob übrigens spezielle Nerven der Gehirngefäße bestehen oder nicht, ist für diese Anschauungen belanglos, obwohl ich selbst mit Mosso und Obersteiner entschieden an der Versorgung der Arterien der menschlichen Pia

mit Gefäßen festhalte. Auf Grund meiner älteren Untersuchungen und der her entwickelten Anschauung gelange ich zu der folgenden **Hypothese:**

Das Verhältnis der Assimilationsprozesse zu den Dissimilationsprozessen in der Hirnrinde, der sogenannte Biotonus $\left(\frac{A}{D}\right)$, bestimmt die Weite der dieselben versorgenden Gefäße. Eine Steigerung der Dissimilationsprozesse mit einer gleichzeitigen, entsprechenden Steigerung der Assimilationsprozesse, so daß der Biotonus gleich eins $\left(\frac{A}{D} = 1\right)$ bleibt, und somit das Stoffwechselgleichgewicht der zentralen Nervensubstanz erhalten wird, geht mit einer Erweiterung der Rindengefäße einher. Überwiegen aus irgend einem Grunde die Dissimilationsprozesse die Assimilationsprozesse, wird also der Biotonus kleiner als eins $\left(\frac{A}{D} < 1\right)$ und ist somit das Stoffwechselgleichgewicht gestört, so erfolgt eine Verengerung der Rindengefäße, die als ein Mechanismus im Dienste der inneren Selbststeuerung des Stoffwechsels der Hirnrinde aufgefaßt werden muß.

Sehen wir nun, wie sich zu dieser Hypothese die objektiven Befunde bei den Gefühlsvorgängen und die dynamische Gefühlstheorie Lehmanns stellen, wobei eine Inkongruenz zwischen beiden Hypothesen sowohl auf einer Unrichtigkeit der Lehmannschen Gefühlshypothese als auch auf einer Unrichtigkeit meiner in der Hypothese zusammengefaßten Anschauungen beruhen könnte. Im anderen Sinne wird aber eine Übereinstimmung beider Theorien zugunsten der dynamischen Gefühlstheorie sprechen, da die Annahme oder Ablehnung derselben von meiner Hypothese a priori unabhängig ist. Führen wir auch hier zunächst statt des von Lehmann gebrauchten Begriffs des

